

农作物育种态势
研究丛书



Landscape of maize molecular breeding based
on patent analysis

全球玉米分子育种专利 发展态势研究

主 编：杨小微 孔令博 何 微
副主编：王晶静 林 巧 赵慧敏



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

农作物育种态势研究丛书

Landscape of maize molecular breeding based
on patent analysis

全球玉米分子育种专利 发展态势研究

主 编：杨小微 孔令博 何 微
副主编：王晶静 林 巧 赵慧敏

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以德温特创新索引 (Derwent Innovation Index, DII) 数据库为数据源, 全面收集了全球近50年涉及玉米分子育种的相关专利, 系统分析了玉米分子育种领域专利的申请特征, 比较分析了玉米分子育种领域专利申请的焦点和技术发展路线, 深入阐述了玉米分子育种关键技术的专利演变规律, 对玉米分子育种领域各类研发对象的竞争力进行了对比剖析, 并对该领域的新兴技术进行了遴选和预测。

本书无论对玉米领域的专业科研工作者, 还是相关从业人员, 甚至涉农相关行业人员, 都具有较高的学习与参考价值; 对于未来玉米遗传育种、玉米基础研究及玉米产业发展的方向具有重要的指导意义。

本书适合政府科技管理部门、科研机构管理者及相关学科领域的研究人员阅读参考。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

全球玉米分子育种专利发展态势研究/杨小微等主编. —北京: 电子工业出版社, 2020.1
(农作物育种态势研究丛书)

ISBN 978-7-121-37745-7

I. ①全… II. ①杨… III. ①玉米-遗传育种-专利-研究-世界 IV. ①S513.032-18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第240189号

责任编辑: 徐蔷薇

印 刷: 天津千鹤文化传播有限公司

装 订: 天津千鹤文化传播有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 720×1 000 1/16 印张: 14.75 字数: 306.8千字

版 次: 2020年1月第1版

印 次: 2020年1月第1次印刷

定 价: 99.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: xuqw@phei.com.cn。

前言

DNA 双螺旋结构的发现开创了分子生物学研究的新时代。随着一系列新的发现和技术创新,美国科学家 Berg 等于 1972 年在实验室构建了第一个重组 DNA 分子,进入了基因工程技术的新阶段。分子生物学和基因工程技术的发展不仅拓展了生命科学研究的深度和广度,其在医学和农业科学上的应用也十分广泛。分子生物学技术与作物遗传育种相结合,形成了作物分子育种研究方向,其中包括转基因技术、分子标记辅助育种技术、基因编辑技术等。自 1982 年第一个转基因植物诞生后,转基因作物已被广泛地应用于农业生产,2018 年全球转基因作物种植总面积达到 1.9 亿公顷^①,其中大豆、玉米、棉花、油菜四种作物的转基因品种种植面积最大。

在作物分子育种研究领域有许多综述性的论文和专著,但在市场上很少能看到有关全面分析分子育种专利的书籍。中国农业科学院农业信息研究所咨询服务团队全面收集了全球近 50 年涉及玉米分子育种的相关专利 8887 项,系统分析了玉米分子育种在不同国家/地区、不同时间的申请特征,比较分析了国内外关键公司在玉米分子育种领域专利申请的焦点和技术发展路线,深入阐述了转基因育种、分子标记辅助育种和基因编辑等玉米分子育种关键技术的

^① 为了保持与官方统计数据单位一致,本书中使用公顷作为单位,1公顷=0.01平方千米。

专利演变规律，对玉米分子育种领域的主要国家 / 地区、科研机构 / 企业的研发竞争力进行了对比剖析，对玉米分子育种领域的新兴技术进行了遴选和预测。从总体上看，该书对从事玉米分子育种的相关企业和科研院所的研究人员、政府科技管理部门和科研机构的管理人员有重大参考价值。

目 录

第 1 章 研究概况 / 1

1.1 研究背景 / 1

1.1.1 玉米的生物学特性 / 1

1.1.2 玉米产业在中国经济发展中的重要地位 / 1

1.1.3 玉米育种对中国玉米产业的重要作用 / 4

1.2 玉米分子育种发展现状 / 6

1.2.1 全球主要国家 / 地区分子育种技术产业战略规划 / 6

1.2.2 全球玉米分子育种技术研究进展 / 11

1.2.3 中国玉米分子育种技术发展现状 / 14

1.2.4 主要机构研究概况 / 18

1.3 研究的目的是与意义 / 28

1.3.1 专利在农业领域的作用 / 28

1.3.2 中国农业发展中存在的专利问题 / 29

1.3.3 本研究的意义 / 29

1.4 技术分解 / 30

1.5 相关说明 / 32

1.5.1 数据来源与分析工具 / 32

1.5.2 相关术语 / 33

第2章 玉米分子育种全球专利态势分析 / 37

- 2.1 全球专利年代趋势 / 37
- 2.2 全球专利地域分布 / 40
 - 2.2.1 全球专利来源国家 / 地区分析 / 40
 - 2.2.2 全球专利受理国家 / 地区分析 / 43
 - 2.2.3 全球专利技术流向 / 44
 - 2.2.4 全球同族专利和引用 / 45
- 2.3 全球专利技术分析 / 46
 - 2.3.1 全球专利技术分布 / 46
 - 2.3.2 全球专利技术主题聚类 / 48
- 2.4 主要专利权人分析 / 56
 - 2.4.1 主要专利权人的专利年代趋势 / 59
 - 2.4.2 主要专利权人的专利布局 / 63
 - 2.4.3 主要专利权人的专利技术分析 / 65
 - 2.4.4 杜邦公司玉米分子育种专利核心技术发展路线 / 68
- 2.5 关键技术领域分析 / 90
 - 2.5.1 转基因育种 / 90
 - 2.5.2 分子标记辅助选择育种 / 96
 - 2.5.3 全基因组选择育种 / 103

第3章 玉米分子育种中国专利态势分析 / 109

- 3.1 中国专利年代趋势 / 109
- 3.2 中国专利布局分析 / 111
- 3.3 中国专利技术分析 / 111

3.4	中国专利重要专利权人分析 / / 116
3.4.1	主要专利权人的专利年代趋势 / 116
3.4.2	主要专利权人的专利技术分析 / 118
3.4.3	北京大北农科技集团股份有限公司专利核心技术 发展路线 / 122
第 4 章	玉米分子育种全球技术研发竞争力分析 / 145
4.1	全球主要国家 / 地区技术研发竞争力对比分析 / 145
4.1.1	全球玉米分子育种专利产出趋势 / 145
4.1.2	主要国家 / 地区专利授权与保护 / 148
4.1.3	主要国家 / 地区的专利布局 / 148
4.1.4	主要国家 / 地区专利质量对比 / 151
4.2	主要专利权人技术研发竞争力对比分析 / 151
4.2.1	主要专利权人的专利数量及年代趋势 / 151
4.2.2	主要专利权人的授权与保护 / 153
4.2.3	主要专利权人的专利运营情况 / 155
4.3	2008 年—2017 年玉米分子育种高价值专利对比分析 / 156
第 5 章	全球作物分子育种新技术专利态势分析 / 159
5.1	新技术专利年代趋势 / 161
5.2	新技术专利来源国家 / 地区分布 / 165
5.3	新技术专利德温特手工代码分布 / 166
5.4	新技术专利主要专利权人分析 / 170
5.4.1	单倍体育种主要专利权人及专利年代趋势 / 170
5.4.2	单倍体育种主要专利权人的专利技术分布 / 171

5.4.3	基因编辑主要专利权人及专利年代趋势	/ 173
5.4.4	基因编辑主要专利权人的专利技术分布	/ 175
5.4.5	CRISPR 主要专利权人及专利年代趋势	/ 176
5.4.6	CRISPR 主要专利权人的专利技术分布	/ 178
5.5	全球作物分子育种高价值专利	/ 180
5.5.1	单倍体育种高价值专利	/ 180
5.5.2	基因编辑技术高价值专利	/ 180
5.5.3	CRISPR 高价值专利	/ 180
5.6	全球玉米分子育种新兴技术预测	/ 216
5.6.1	方法论	/ 216
5.6.2	新兴技术遴选	/ 216
5.6.3	新兴技术来源国家 / 地区分布	/ 217
5.6.4	新兴技术主要专利权人分析	/ 218
	参考文献	/ 221

► 1.1 研究背景

1.1.1 玉米的生物学特性

玉米（拉丁学名：*Zea mays* L.），属禾本科玉蜀属植物，原产于南美洲的墨西哥、秘鲁及智利等国家。1492年，哥伦布发现美洲大陆后，将玉米带回欧洲，随后传到非洲、亚洲。玉米具有适应性强、产量高、品质好的优点，对土壤条件要求并不严格，可以在多种土壤中种植；玉米是C₄作物，从空气中摄取二氧化碳的能力极强，远远大于麦类和豆类作物；玉米生育期短，生长发育快，需肥较多，对氮、磷、钾的吸收尤甚^[1]。玉米生产潜力大、经济效益高，其主副产品都有很高的利用价值，现已发展成为粮食、饲料和经济兼用作物，是世界主要农作物之一，也是杂交种应用最早、最普及的作物之一^[2]。

玉米是全球种植范围最广的作物，在全球100多个国家均有种植，生产国包括中国、美国、巴西、印度、墨西哥、尼日利亚和阿根廷等，其中中国和美国是全球最大的两个玉米生产国^[3,4]。

1.1.2 玉米产业在中国经济发展中的重要地位

中国的玉米生产主要分布在东北、华北和西南地区，形成了一个从东北到西南的狭长玉米种植带，这一带状区域占据了中国玉米种

植总面积的 85% 和总产量的 90%^[5]，中国玉米主产区包括黑龙江、吉林、河北、山东、河南、内蒙古、辽宁、四川、云南、陕西等^[5, 6]。21 世纪初期，中国玉米种植面积起伏较大，于是政府紧急采取措施大抓玉米生产，确立了玉米在社会经济发展中的重要地位，从而恢复了玉米生产并使之得到迅速发展^[6]。国家统计局年度粮食产量公告显示，2017 年，中国玉米播种面积约 0.35 亿公顷，玉米单产 6.09 吨 / 公顷，玉米总产量 2.16 亿吨（稻谷播种面积约 0.302 亿公顷，总产量 2.09 亿吨；小麦播种面积约 0.240 亿公顷，总产量 1.30 亿吨）^[7]；2018 年，中国玉米播种面积约 0.42 亿公顷，玉米单产 6.11 吨 / 公顷，玉米总产量 2.57 亿吨（稻谷播种面积约 0.302 亿公顷，总产量 2.12 亿吨；小麦播种面积约 0.243 亿公顷，总产量 1.31 亿吨）^[8]。可以看出，较之 2017 年，2018 年的玉米播种面积、总产量均出现了较大幅度的上升，且玉米单产同比增长 0.28%。玉米种植面积已超过稻谷、小麦，擢升为中国“谷物之首”^[6]。中国玉米消费以饲用消费和工业消费为主，口粮消费、种用消费和损耗在消费总量中的比重较小：2018 年中国玉米饲用消费总量继续增加，一方面是因为养殖业平稳发展对玉米的饲用需求增加；另一方面是因为进口替代品显著减少，增加了玉米的饲用消费。同时，由于近年来深加工产能迅速扩张和释放，玉米工业消费增长较快，据统计，2018 年玉米深加工产能约 1.1 亿吨，比 2017 年增加近 1000 万吨。相比之下，2018 年玉米种用消费、口粮消费、损耗与历史同期基本持平^[9]。

作为中国三大作物之一，玉米在解决温饱问题、保障粮食饲料安全、发展国民经济及缓解能源危机等方面均发挥了重要作用，是关系国计民生的重要战略物资。长期以来，中国政府制定了一系列政策措施，保证并促进玉米产业的不断发展。从政策内容上，中国玉米产业政策体系大体可以分为以下几种^[10]。

(1) 良种补贴政策：2004年，中国正式将玉米列入良种补贴的范畴；2009年开始将全国31个省（直辖市、自治区）均列入玉米“良种即补”的范围；2016年，大部分地区将良种补贴、农资综合补贴和农民直接补贴政策合并为农业支持保护补贴。

(2) 价格保护政策：中国玉米的价格保护政策的目的是通过国家政策来规定玉米的指导价格，历经大范围价格保护（1990年—1999年）、重点区域保护（2000年—2001年）、不再保护和临时保护（2008年）等阶段，这是国家为调整玉米产业结构、平稳玉米价格和避免“粮农两伤”的一项重要政策措施。

(3) 保险补贴政策：2007年，中国玉米保险补贴政策正式实施，玉米是首批列入保险补贴的作物品种，中央财政对部分农作物的试点省区提供25%的保费补贴率，地方财政再配套补贴25%以上；2008年，在政策层面，国家扩大了试点省份的范围，并提高了种植业保险保费的补贴比例。

(4) 玉米临时收储政策：2008年，中国正式发布玉米临时收储收购政策，即国家每年按照一定的价格收购农民种植的玉米，以维持玉米价格的稳定，涉及的地区包括内蒙古、辽宁、黑龙江、吉林等地^[1]；随后玉米收购价格不断上升，直到2015年，玉米收购价格开始下调；2016年，中国出台政策取消东北三省和内蒙古的玉米临时收储政策，由市场运作形成玉米价格，即“市场化收购”加上“补贴”的新机制。

(5) 农业税收政策：21世纪初，国务院出台了一系列扶持粮食生产的政策，实行“三减免、三补贴”，放开购销市场，提高收购价格，特别是取消“农业税”“乡统筹”“村提留”等税赋，以减轻农民负担，增加农民种田的自主权。

(6) 生产经营许可政策：2011年，农业部出台了关于玉米种子生

产和经营许可的相关规定,规范玉米种业市场的发展。2017年4月10日,国务院出台了《国务院关于建立粮食生产功能区和重要农产品生产保护区的指导意见》,其中一个主要目标是力争用3年时间完成10.58亿亩^①“两区”地块的划定任务,其中粮食生产功能区中以松嫩平原、三江平原、辽河平原、黄淮海地区,以及汾河和渭河流域等优势区为重点,划定玉米生产功能区4.5亿亩(含小麦和玉米复种区1.5亿亩),给予两区基础设施建设、财政、金融等多方面的优惠政策,为提高玉米种植水平、实现玉米机械化生产提供了便利条件^[12]。2018年2月19日,农业部发布《农业部关于大力实施乡村振兴战略加快推进农业转型升级的意见》(以下简称《意见》),进一步明确制定和实施国家质量兴农战略规划,推进现代种业提档升级,以绿色育种为导向,推动玉米、水稻、小麦、大豆良种联合攻关,培育一批节水、节肥、节药新品种;推进国家种质库、甘肃玉米等良种繁育基地工程建设;《意见》指出,坚持市场导向,着力调整优化农业结构,以控水稻、增大豆、粮改饲为重点推进种植业结构调整,巩固玉米调减成果,继续推动“镰刀弯”等非优势产区玉米调减;《意见》提出,创新完善农业支持保护制度,完善玉米、大豆生产者补贴制度和主产区利益补偿机制,探索在粮食生产功能区和重要农产品生产保护区实行差异化补贴,探索开展三大粮食作物(稻谷、小麦、玉米)完全成本保险和收入保险试点,启动制种保险试点^[13]。由此可见,中国对玉米产业的发展十分重视,玉米产业依然拥有很大的发展潜力。

1.1.3 玉米育种对中国玉米产业的重要作用

玉米育种是指通过人工选择作物遗传变异的方式改良玉米性状,使其满足人类的生产生活需要。随着玉米育种技术的不断革新,中国

① 为了保持与官方统计数据单位一致,本书中使用亩作为单位,1亩≈666.67平方米。

玉米的生产效率也在不断提升。在玉米单产增长的诸项因素中,品种改良的作用占35%~40%^[14, 15]。新中国成立以来,在几代育种工作者的共同努力下,玉米育种事业取得了显著成绩,但仍面临着提高单产、增加品种多样性、提高对逆境胁迫和病虫害的抗性、国内外竞争激烈等诸多挑战^[15]。

为了推进中国农村供给侧结构性改革进程,解决中国农业农产品品种结构不平衡的问题,原农业部部长韩长赋在2016年全国农业结构调整座谈会上提出“一保、一减、一增”的解决思路,其中“一减”即减非优势区玉米,这是近十几年来玉米种植面积首次减少。2016年11月,农业部下发了《“镰刀弯”地区玉米结构调整的指导意见》,提出到2020年,“镰刀弯”地区玉米种植调减5000万亩以上,全国玉米面积稳定在5亿亩的目标。随着未来玉米种植面积的进一步减少,且玉米饲用和工业消费量与日俱增,化肥增产的潜力十分有限,因此利用遗传育种技术提高玉米单产将成为保证中国玉米产量的重中之重^[14]。

随着市场经济的发展和人民生活水平的提高,畜产品消费市场和玉米深加工产业的快速发展对玉米品种多样化的要求日益迫切,通过玉米育种获得更多的玉米优良品种将是中国玉米育种科研工作者不断努力的方向。玉米品种多样化不仅能改善玉米的种植结构,提升玉米产品的商品价值,还能提高农民种粮收益,对进行玉米生产供给侧结构性改革和加速农业产业化升级具有重要意义^[15]。受制于资源环境和气候变化,对玉米品种改良的要求越来越高。目前,由于自然条件变化、温室效应影响,诸如干旱、高温、强风、冻害等自然灾害时有发生,过度使用农药、化肥加剧土壤、水体污染,农业水资源短缺问题越发突出,迫切需要选育抗非生物逆境、资源(水、肥)高效利用和环保型的玉米品种^[14]。

由于中国玉米生产一直面临着病虫害危害,抗病、抗虫性已经成为玉米育种的永恒目标^[15]。随着环境的日益恶化,玉米新老病害的蔓延此起彼伏。一些重要病虫害的发生规律改变、危害加重,如亚洲玉米螟、桃蛀螟、棉铃虫、黏虫,土传病害(茎腐病、穗腐病、线虫矮化病、纹枯病)连续暴发,风险性叶斑病(大斑病、灰斑病、小斑病、南方锈病)仍在流行;某些病虫害的危害性呈现上升趋势,如刺吸性害虫(蚜虫、叶螨、蓟马)、双斑长跗萤叶甲、粗缩病、苗枯病和根腐病等未来可能出现发病高峰;局部有发生,但未发生大范围严重危害或已被控制的病虫害(二点委夜蛾、鞘腐病、褐足角胸叶甲、北方炭疽病),以及新出现的一些病虫害(小孢帽叶斑病、炭疽茎腐病、平脐蠕孢叶斑病、一点缀螟),都对玉米安全生产构成了威胁^[16]。培育和种植抗病、抗虫的玉米品种是最为安全、经济和有效的防控措施^[17]。

同时,国内外行业内部的激烈竞争,使中国育种产业面临巨大的压力。世界各大种子公司凭借其高科技和高投入,以及其在运营策略和营销手段方面的优势和人才本土化战略,对中国玉米育种造成了巨大压力,中国育种工作者必须奋起直追,迎头赶上^[14]。

► 1.2 玉米分子育种发展现状

1.2.1 全球主要国家/地区分子育种技术产业战略规划

2010年前后,生物经济加速成为继信息经济后新的经济形态,全球范围内生物技术与信息、材料、能源等技术融合发展,高通量测序、基因组编辑和生物信息分析等现代生物技术突破与产业化快速演进,并对人类生产、生活产生了深远影响。生物育种技术的进步极大地促进了植物营养价值的改进、抗病性的增强及产量的提高,全球转

基因作物种植面积已占全部耕地面积的 12%，帮助农民获益累计超过 1500 亿美元，绿色、营养、功能性植物产品正引领粮食消费迈上新的台阶^[18]。

根据国际农业生物技术应用服务组织（International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications, ISAAA）的报道^[19]，2018 年共有 70 个国家应用了转基因作物，其中 26 个国家种植转基因作物，44 个国家进口转基因作物。在种植转基因作物的国家中，21 个为发展中国家，5 个为发达国家。大豆、玉米、棉花和油菜仍为四大主要转基因作物，转基因大豆种植面积居全球转基因作物种植面积之首，为 9590 万公顷；其次是玉米，为 5890 万公顷。

鉴于作物分子育种在粮食生产、粮食安全中的重要战略地位，全球主要国家/地区近年来对农业生物技术产业制定并部署了长远的国家战略规划，以把握农业发展优势地位并获取未来生物经济的竞争优势。

1. 美国

美国是全球分子育种技术最发达的国家，也是转基因作物种植面积最广的国家，中国从 20 世纪 80 年代开始从美国引入杂交种进行分离二环系组配杂交种，其商业种质对中国玉米育种的发展做出了不可磨灭的贡献^[20]。美国农业部统计局 2018 年 6 月 29 日发布的美国全国农业调查统计数据^[21]显示，2018 年美国玉米的转基因品种普及率为 92%。

美国拥有比较全面和稳定的科研管理体制，并且鼓励和支持生物技术的发展。美国政府于 2012 年—2018 年发布了《国家生物经济蓝图》^[22]《美国农业部植物育种路线图》^[23]《植物遗传资源、基因组学和遗传改良行动计划 2018—2022》^[24]《2018—2023 年战略计划》^[25]

等农业生物技术领域相关的战略规划，明确生物技术是美国生物经济增长的重要来源，对分子育种技术的发展给予了政策和资金支持，并对未来 5 ~ 10 年内优先发展的领域、技术重点做了明确规划。除国家和政府的支持之外，美国生物公司也对玉米分子育种技术加大了投资力度，不断开发新的抗虫、抗病、抗逆性品系并加快商业化步伐。全球第一大玉米种子生产商杜邦先锋公司（原名为先锋良种公司），早在 20 年前在分子育种领域的科研经费就达到了 1.8 亿美元，在其种子销售价的组成比例中科研成本占 10%^[26]；农业投资网站 Agfunder 在其 2018 年的报告中称^[27]，许多创业公司在玉米分子育种领域的投资在加大，美国 Hi Fidelity Genetics 公司与西班牙的一家公司共同筹集了 1540 万美元用于新型玉米杂交种及其他商业种子的研发。

2. 欧盟

欧盟对分子育种技术及转基因作物的发展也非常重视。2014 年，欧洲工业生物技术研究与创新平台中心推出 BIO-TIC 项目，旨在为欧洲不断增长的工业生物技术产业进行技术创新并奠定坚实基础，还公布了旨在研究解决阻碍欧洲工业生物技术发展创新的问题，涉及市场潜力、研究与发展的优先领域、工业生物技术创新的非技术障碍的三大路线图草案^[28]；2018 年 10 月 12 日，欧盟委员会发布了新版生物经济发展战略《欧洲可持续发展生物经济：加强经济、社会和环境之间的联系》，旨在发展为欧洲社会、环境和经济服务的可持续和循环型生物经济，协助应对气候变化等全球性和区域性挑战。作为 2012 年版战略的更新升级版，此次新的生物经济发展战略设定了三个关键目标，并在 2019 年实施 14 项具体举措^[29]。欧盟对生物技术产品的安全性有着非常严格的控制标准，对其商业化行为也采取较为谨慎的态度。在严格的管控下，近些年欧盟也对一些转基因玉米品种进行了审