

农业科学技术领域发展态势报告

NONGYEKEXUEJISHU
LINGYU
FAZHANTAISHI
BAOGAO

作物育种国际 发展态势分析

郑怀国 董瑜 赵静娟 著



农业
科技
报告

中国农业科学技术出版社

农业科学技术领域发展态势报告

NONGYEKEXUEJISHU
LINGYU
FAZHANTAISHI
BAOGAO

作物育种国际 发展态势分析

郑怀国 董瑜 赵静娟 著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

作物育种国际发展态势分析 / 郑怀国, 董瑜, 赵静娟
著. — 北京: 中国农业科学技术出版社, 2016.11
ISBN 978-7-5116-2797-1

I. ①作… II. ①郑… ②董… ③赵… III. ①作物
育种—研究 IV. ①S33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 251704 号

责任编辑 徐毅

责任校对 李向荣

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109702 (读者服务部)

传真 (010) 82106631

网址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京卡乐富印刷有限公司

开本 787mm × 1 092mm 1/16

印张 11

字数 260 千字

版次 2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

定价 148.00 元

—— 版权所有 · 侵权必究 ——

《作物育种国际发展态势分析》

参 著 人 员

郑怀国 董 瑜 赵静娟 杨艳萍 颜志辉
串丽敏 张晓静 孙素芬 张峻峰 龚 晶
王爱玲 邢 颖 袁建霞 秦晓婧 张 辉

序

情报研究是科学决策的基础，农业情报研究具有辅助农业生产决策，促进农业宏观经济健康发展的重要作用。发展态势分析是情报研究的一种类型，是针对某一学科或技术领域，全面剖析该学科或技术领域的政策环境、研究动态和发展趋势，提出未来发展的对策与建议，为制定科技发展战略、开展科学研究，提供决策参考的一种深层次的情报服务。

当今世界，科技发展日新月异，科技信息飞速激增，如何在海量信息中准确把握学科或技术领域的发展趋势，作出科学的决策，是科研及管理人员面临的困扰。科学决策是以事实和数据为依据，以情报分析为手段，提出问题、分析问题、解决问题的一个完整动态过程，发展态势分析是辅助科学决策的一种有效手段。

为了明确当前农业各领域在世界范围的研究布局 and 水平，提高我国农业科技自主创新能力，北京市农林科学院农业科技信息研究所选择农业科技创新前沿学科、热点问题和重点技术领域，结合世界农业发展现状与北京市农业发展方向，开展了多个学科技术领域的发展态势分析，从世界主要国家政策、法规、科技项目、技术研究进展等角度开展定性调研，并与情报学定量分析方法相结合，从论文和专利角度，分析主要学科领域在世界范围的研究布局，筛选出核心技术或研究热点，分析关键技术的研发水平及主要应用领域，剖析农业科研重要技术领域的国际发展态势，并结合

我国农业发展现状，提出本领域的战略规划与建议。

该丛书将情报服务的新理论和新方法应用于农业科学决策，有助于全面提升农业科技情报服务水平，并进一步面向前沿、面向需求、面向决策，推动科技情报分析和决策咨询研究。同时，该书也可为农业科技人员及科研管理人员在把握科技发展新趋势、新动向、开展农业科研发展规划、对接国际农业科技前沿等方面作出重要决策时提供参考。

该丛书的撰写得到北京市科委、北京市农委、北京市农林科学院领导和相关科研管理部门的大力支持，得到相关科技领域专家、学者的指导，在此表示诚挚谢意！也衷心希望在相关部门和专家学者的支持下，农业科技情报研究工作在支撑农业科学研究及农业发展战略研究方面，发挥不可替代的重要作用。

孙素芬
2016年5月

前 言

“国以农为本，农以种为先”。种业是促进农业长期稳定发展、保障国家粮食安全的根本。近年来，生命科学的迅猛发展带动了种子产业的突飞猛进。由于种子产业本身巨大的经济效益及其对农业发展的特殊战略意义，世界各国都把种子产业放在突出的位置，并以此推动农业的发展。作为作物生产大国和用种大国，我国对种业也十分重视，2011—2016年相继发布了《国务院关于加快推进现代农作物种业发展的意见》（国发〔2011〕8号）、《全国现代农作物种业发展规划（2012—2020年）》（国办发〔2012〕59号）和《国务院办公厅关于深化种业体制改革提高创新能力的意见》（国办发〔2013〕109号）等文件，将种业确定为国家战略性、基础性核心产业。

据联合国人口基金会预测，到2050年全球人口将超过90亿，作物生产必须在2050年前实现翻番才能满足全球人口的需求。要实现这个目标，必须以2.4%的年增长率递增，而目前平均增长率仅1.3%。而我国面对耕地资源有限的状况，这种挑战更为严峻。因此，只能依靠品种改良和种业发展，提高农作物产量和品质才能满足人口增长和人们对农作物品质日益提高的需求，正是这种需要，推动了种业科学技术的发展。

近年来，我国育种技术取得了长足进步，大幅推进了新品种选育进程，先后推广了一批超级稻、杂交玉米、优质小麦、转基因抗虫棉、高产大豆

等突破性优良新品种，其中，水稻杂交优势利用一直处于世界领先地位。

然而，也应当看到，我国种业在迅速发展的同时，也面临着诸多挑战和亟须解决的问题。育种科研布局 and 资金投入分散、研究内容低水平重复、科研与市场脱节等现象在很大程度上影响了种业科研的整体进度，限制了重大研究成果的产出。种业基础研究相对薄弱，重要性状形成机制解析不深入；种质资源和基因资源挖掘广度深度不够，原创性种质不足和具有重要利用价值的基因较少；全基因组选择基因组编辑等育种新技术创新不足；尚未形成贯穿种质资源、遗传育种、品种创制与测试、种子生产与加工全产业链的科技创新链条。

要使我国种业实现跨越式发展，应对世界跨国种子企业对我国种业市场的垄断，必须以全球的视野，在客观分析国际种业发展现状、剖析我国种业发展优势与不足、研判育种技术国际发展趋势的基础上，探讨进一步加快我国种业创新的思路 and 措施，谋划未来种业发展规划 and 部署育种技术研发的重点。

本书介绍了北京市农林科学院农业科技信息研究所和中国科学院文献情报中心合作开展了“作物育种国际发展态势分析”的研究，并将课题研究成果结集出版。本书采用定性调研与定量分析相结合的方法，在宏观上分析作物育种领域发展的总体态势，在微观上辨析作物育种的关键技术，并对未来的发展趋势做出预判，同时，结合我国作物育种发展的现状，提出我国作物育种发展的对策与建议，为我国种业发展的战略规划提供决策参考。

本书是《农业科学技术领域发展态势报告》的第三卷，共分为9章。具体内容包括对代表性国家和地区，重要国际组织、相关智库以及跨国企业的战略规划、计划项目、技术路线图、咨询报告进行调研，总结国际种业发展概况及跨国企业种业创新发展特征。利用文献计量分析和专利分析方法对作物育种领域的科学文献和技术专利，进行基于数量 and 内容的分析，揭示作物育种技术的发展态势、研究热点 and 关键技术等。

本书的撰写得到北京市科委、北京市农委、北京市农林科学院领导和相关科研管理部门的大力支持。在撰写过程中，相关人员参阅了政府机构、

国际组织以及跨国公司的公开报告，参考了大量中外文文献，由于篇幅所限，未在正文中全部标注，谨表歉意。同时，作物育种领域的多位专家全程参与研究和指导，在此向他们付出的辛勤劳动表示衷心感谢！

由于时间和水平有限，书中难免存在不足之处，敬请批评指正。

作 者

2016 年 6 月

目 录

第一章 国际作物种业发展概况	1
一、国际种业发展历程.....	1
二、各国作物育种发展规划与布局.....	2
三、跨国种业公司发展概况.....	24
四、国际种业发展的主要特点.....	63
第二章 基于 SCI 论文的作物育种发展态势分析	72
一、发文量及年度变化趋势.....	72
二、重点国家发文量对比分析.....	73
三、国际重要机构发文量对比分析.....	74
四、主要被引论文分析.....	75
五、研究主题分析.....	77
六、合作关系分析.....	80
七、小结.....	81
第三章 基于专利的作物育种发展态势分析	82
一、专利年度趋势分析.....	82
二、主要申请专利国家 / 地区分析	83

三、主要国家 / 地区相对影响力分析	86
四、主要专利权人分析	88
五、专利强度分析	91
六、小结	94
第四章 作物育种关键技术辨析与发展趋势预见	96
一、技术高频词统计分析	96
二、德温特手工代码 (MC) 分析	98
三、基于专利地图的热点分析	100
四、基于共引的主题分析	101
五、关键技术遴选与发展趋势预见	103
六、结论	111
第五章 我国作物育种发展概况	112
一、我国种业发展历程	112
二、我国种业相关政策梳理	113
三、我国种业发展现状分析	115
四、我国作物育种优劣势分析	120
五、我国种业发展存在的问题	121
六、我国种业发展趋势	127
第六章 我国作物育种发展对策建议	136
一、宏观战略层面	136
二、研发层面	141
附 录	143
参考文献	153

第 一 章

国际作物种业发展概况

作物种业作为一个产业的兴起，迄今已有将近 100 年的历史。随着科技的发展特别是植物杂交优势、转基因等技术的发现和运用，作物育种领域已培育出许多高产优质的良种，在全球逐步发展形成了规模庞大的种子产业。目前，作物种业已完成工业化、现代化和国际化进程，进入了以高新技术引领与兼并重组驱动种业全球化发展的产业垄断阶段。

一、国际种业发展历程

从欧美发达国家的经验来看，其种业科技创新组织模式经历了 3 个典型阶段：

第一阶段：公益性种业发展阶段（1920—1970 年）：这一阶段的典型特征是公立机构主导育种科研与种业发展。20 世纪 20 年代，美国成立“作物品种改良协会”，开始了作物品种改良和种子生产。在随后的近 50 年时间里，美国玉米等作物的育种科研与种子产业基本上由州立大学和科研机构主导，政府管理的种子认证系统成为农民获得良种的唯一途径。

第二阶段：商业化种业发展阶段（1971—1990 年）：这一阶段的典型特征是技术创新和产权保护促进种业商业化发展。20 世纪 70 年代，技术创新和产权保护催生了种业的商业化发展。种业经营开始向私立机构为主进行转变。通过完善的立法实施新品种保护，促进了种业市场化。杂种优势利用等新技术的引入，使种业公司朝着大型化和育繁推一体化的商业化方向发展。

第三阶段：全球化种业发展阶段（1991 年至今）：这一阶段的典型特征是，高新技术引领与兼并重组驱动种业全球化发展。20 世纪 90 年代以来，大型财团的兼并重组助推了育繁推一体化的跨国种业公司的迅速崛起，而以生物技术为代表的高新技术的广泛应用，使得种业国际化发展趋势日益加剧。截止 2013 年，来自于发达国家的农作物种业前十强企业已占全球市场 66% 的份额，其中欧美前三强企业（孟山都、杜邦先锋、先正达）更是占据了全球 47% 的份额，形成了绝对垄断优势。

二、各国作物育种发展规划与布局

通过对多个国家 / 地区、国际组织与智库的相关战略规划、技术路线图、咨询报告等的调研，可以发现发达国家在种业研发上的布局和优先发展方向。

（一）各国种业发展规划

1. 美国

（1）植物育种路线图。美国农业部（USDA）在其制定的《美国农业部植物育种路线图》中，规划了未来 5—10 年的优先领域及其研究方向，并展望了 10 年之后期望开展的研究。

①未来 5—10 年优先领域及研究方向：

第一，加强国家植物种质系统建设

种质资源是植物育种的基础和保障，具有重要的战略意义。加强国家植物种质系统（NPGS）将成为一个优先领域，具体包括如下 4 个方面。

- 扩大种质资源收集。一方面扩大收集对象，增加其他农业重要生物，如微生物、新作物、特种作物、作物野生近缘种和地方品种等；另一方面扩大收集地域，通过国内外实地调研和交换获得遗传资源，并加强国际合作，以共享遗传资源和信息，共同开展研究，防止资源流失。

- 提高种质资源的可获得性。对遗传资源的描述信息进行组织、存储，并通过高级信息管理系统 GRIN-Global 进行提供。具体包括对数据文件进行标准化以促进数据库的互操作性；对 GRIN 分类进行有关野生近缘种的信息补充；制定优先级描述符，并进行表型评估和基因型特征性状的研究，以促进跨作物

比较。

- 评估和表征遗传资源种质特征。挖掘重要性状特征并记录相关数据，为不同研究和育种目的选择可用的最佳种质。这将需要利用新的成本较低的基因或基于测序的标记和高通量表型鉴定方法等。

- 优化种质管理的效率和有效性。基于各种质间的遗传关系，利用新的统计遗传方法加强种质管理；确定所有作物的共性，从战略上开发能够广泛适用于在种质存储和再生期间保持遗传多样性的方法；制定和实施卓越的种质活力测试和监测方案，以提高种质的存活率和质量，并延长再生间隔；改进保存和备份无性繁殖和非正统种子植物的方法，如体外冷冻等。

第二，开发满足未来需求的作物品种

未来将更加需要优良的作物品种，具体包括如下 5 个方面。

- 能适应多种情况的复种系统，并能满足全球市场竞争需求。
- 水资源和农业投入品利用率高以及生产效率高，以应对气候变化和资源短缺。

- 具有遗传抗性，可以取代或减少农药的使用及提高美国传统农业和有机农业的竞争力。

- 对病虫害有持久抗性，并能适应气候变化，可以降低灾难性损失的风险及改善粮食安全。

- 可以满足未来生物能源、生物基产品、新用途及市场需求。

② 10 年后的展望：

- 整合所有的知识和新工具、新方法，如改良的高通量表型鉴定方法、新的杂交方案和新型预测计算工具等，以提高育种能力，同时，实现多个育种目标，并最大程度减少成本和时间。

- 开展基因工程、基因组学和植物育种交叉研究，开发作物基因工程新方法，开发出能够直接对植物进行遗传改变的技术，而不需要利用转基因方法。

- 继续围绕国家植物种质系统开展如下研究：开发利用作物遗传资源和优良育种材料的新工具，以研究重要性状的遗传基础；开发能够确保长期保持遗传完整性、健康及可利用性的更加高效和有效的遗传资源和信息管理方法；改进数据管理和大数据解决方案，制定标准化协议，开发卓越的数据库接口和单

机信息学工具，以解决种质基因型和性能数据的管理、分析和解释这一重大难题。

(2) 美国农业部农业研究局作物遗传改良行动计划 2013—2017 年。在美国农业部农业研究局 (ARS) 发布的国家计划“植物遗传资源、基因组学和遗传改良”的行动计划 2013—2017 中，提出了遗传改良需要解决的 2 个问题，及针对这 2 个问题需要开展的研究需求及预期成果。

①美国农业需要优异的新作物、品种和种质资源：

第一，研究需求

在各种气候条件和现有农业生产系统下改进选育技术，以获得持续高产的育种品系和品种；改进在不同作物遗传背景下评估抗病虫害基因有效性的方法，以识别高产作物对多种病虫害的持久抗性或耐受性；研发将外来种质资源和祖先物种的抗性基因导入到适应基因库中的优良新方法；在不同的土壤和气候条件下培育生产力卓越的一年生和多年生作物新品种；开发口味更好、吸引力更强、营养价值更高、储存期更长及水肥利用效率更高的作物品种，这可以通过改良地上部分和地下部分的植物结构，使高产和高效的遗传潜力最大化来部分实现；在一些未利用的农业土地上培育一些高能源的非粮食作物为生物能源生产提供原材料。对农作物副产品进行生物能源应用和高值生物基产品产量评估；识别能够提高终端用途品质的增值性状，并将其整合到现有作物中；培育用于新用途的作物，包括能够种植在不同用途的土地类型中，如自然保护区、有机系统、小型农场、庭院生产综合体系以及城市景观和非传统的种植区域。

第二，预期成果

- 高产作物。
- 抗病虫害能力强的作物。
- 耐受环境变化和极端环境的作物。
- 产品质量高的作物。
- 水和其他各种投入利用率高的作物。
- 生产效率得到优化的作物。
- 生产生物能源和生物基产品的作物。

- 当前作物的新用途。

② 需要创新遗传改良和性状分析方法：

第一，研究需求

需要建立一个多样化的试验群体来研究复杂性状的遗传结构和个体基因的功能。虽然现有的种质资源和育种材料可以作为主要研究材料，但在许多情况下，必须补充新的遗传资源库以能够进行功能遗传分析。必须利用高通量基因分型、测序和高效的定量表型鉴定技术来对这些群体进行分析。

必须绘制出基于测序数据的高分辨率遗传图谱，以利用模式植物的遗传调控路径知识及鉴定出能够使群体的理想等位基因得到增强的分子标记，而且还必须了解这些等位基因的功能，以便更加有效地测定和调控其作用。

由于性状测定是目前遗传分析和育种进程中的关键瓶颈，所以，必须创新高通量的定量表型鉴定方法。在预测未试验材料性能时，需要将来自大群体的表型和遗传数据结合使用。随着研究能力的提高和知识的积累，必须扩大基因组选择和相关育种预测方法的应用范围，并根据实践经验来评估更为复杂的基因结构（如多倍体中的互作位点）、亚群结构以及大量目前缺乏这些遗传工具的特种作物和其他作物。

第二，预期成果

- 了解用于阐明基因功能且 / 或开发优良品种的种质资源的基因型和表型特征。
- 开发针对不同作物重要性状的高通量基因分型方法和分子标记。
- 对重要作物进行测序和高分辨率遗传图谱绘制。
- 创新分析数量性状的表型鉴定方法。
- 剖析复杂性状的基因结构及其组成基因的功能特征。
- 创新基因组选择和预测方法。
- 利用基因组辅助育种技术来分析复杂性状，并鉴定和导入外源等位基因到适应了遗传背景中。
- 利用模式植物的知识和信息来改进作物育种技术。

（3）美国农业部 AFRI 计划。2014 年 12 月 1 日，美国农业部（USDA）国家食品与农业研究院（NIFA）宣布，竞争性资助计划——农业与食品研究计

划 (AFRI) 将投资 650 万美元通过 2 个方面的项目来支持植物研究。这 2 个方面的项目分别是植物育种和光合效率与养分利用。其中, 植物育种项目的重点是通过公共育种来提高作物产量、效率、品质和 / 或对多样化农业系统的适应性。包括: 育种与种质创新、品种开发、选择理论、应用数量遗传学和参与式育种; 开发根据基因型预测表型的工具及加速成品品种选育的工具; 通过会议确定区域对植物育种研究、教育或推广的需求。植物育种共有 9 个项目, 具体包括如下 9 个方面。

- 利用全基因组标记预测复杂性状, 以加速同源四倍体育种。
- 鉴定马铃薯斑马片病的抗性来源, 并通过杂交选择抗病基因型 / 品种。
- 将四倍体异交马铃薯转换为二倍体近交系, 引发马铃薯育种革命。
- 培育具有广泛适应性的抗东部枯病的榛子品种。
- 通过会议制定未来有机蔬菜育种、研究和推广愿景, 以支持东北地区有机蔬菜生产的持续增长。
- 融合分别在纽约和俄亥俄开展的育种计划开发的抗性, 以控制影响番茄健康和果实品质的复杂病害。
- 研究多达 5 个周期基因组选择对目标性状和育种价值的影响, 评估基因组选择对多样性的影响, 及制定基因组育种策略以利用杂交实现既定目标并利用系谱选择。
- 通过会议研究提高农民对适合区域种植的蔬菜、谷物、豆类和牧草遗传学信息的可获得性, 从而使西北太平洋地区有机和可持续农业取得成功。
- 为有机生产系统优化制定有效且高效的蔬菜品种育种策略。

2. 加拿大

加拿大农业与农业食品部是加拿大的农业科研及农业经济主管部门, 该部门于 2012—2013 年制定了科学战略, 与作物种业相关, 包括谷类与豆类、油籽。谷类与豆类科学战略关注的作物主要包括小麦、玉米、豌豆、菜豆、荞麦等作物, 战略目标为改善谷类与豆类作物的遗传潜力, 提高取得潜在单产潜力的能力。油籽科学战略涉及的作物包括油菜、大豆、葵花子等, 战略目标包括利用遗传改良、种质开发、创新育种工具、品种开发等增加油籽作物的产量潜