

中国科协高端科技创新智库丛书

2049年

中国科技与社会愿景 生物技术与未来农业

中国可持续发展研究会 编著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

中国科协高端科技创新智库丛书

2049年
中国科技与社会愿景
生物技术未来农业

中国可持续发展研究会 编著

中国科学技术出版社

·北 京·

图书在版编目(CIP)数据

生物技术与未来农业/中国可持续发展研究会编著. —北京:中国科学技术出版社, 2016.1

(2049年中国科技与社会愿景)

ISBN 978-7-5046-6947-6

I. ①生… II. ①中… III. ①生物工程—关系—农业发展—研究 IV. ①F303

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第137387号

策划编辑 王晓义
责任编辑 高雪岩
责任校对 杨京华
责任印制 张建农
封面设计 周新河
版式设计 潘通印艺文化传媒·ARTSUN

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编 100081
发行电话 010-62103130
传 真 010-62179148
投稿电话 010-62176522
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 720mm×1000mm 1/16
字 数 450千字
印 张 28.75
印 数 1—3000册
版 次 2016年第1版
印 次 2016年1月第1次印刷
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6947-6/F·803
定 价 98.00元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

2015年中国科技与社会愿景

丛书策划组

策 划 罗 晖 苏小军 陈 光

执 行 周大亚 朱忠军 孙新平 齐志红 马晓琨

薛 静 徐 琳 张海波 侯米兰 马骁骁



2015年中国科技与社会愿景

生物技术与未来农业

顾问 刘志仁 信乃诤 梅方权 程 序

主 编 洪绂曾 刘燕华

副主编 王道龙 吴永常 李新海 路铁刚 韦文珊

编委会 (按姓氏笔画排序)

王小艺 王宏广 王凯悦 王道龙 毛 龙 龙怀玉 卢昌艾
田见晖 朱 明 朱昌雄 刘 钰 刘长明 刘英杰 关锐捷
杜志雄 李道亮 李新海 李燕婷 吴永常 吴晓磊 宋 征
张 勤 胡志全 欧阳竹 赵秉强 唐选明 唐益苗 程 奇
路铁刚 褚庆全 谯仕彦 潘文灿

撰稿者 (按姓氏笔画排序)

丁 洋 王一平 王 迪 王亚静 王红彦 王炳南 韦文珊
尹领杰 冯 楠 毕于运 刘 淼 刘旦梅 刘栋峰 孙新章
李爱丽 李淑英 肖卫东 张 兰 张冬冬 张俊祥 吴国胜
陈学渊 周光斌 赵旭博 秦正睿 耿 兵 耿帅锋 顾金刚
聂 勇 聂 莹 高永鹤 唐艳龙 曹亮明 程 杰 曾 斌
詹 琳 魏 可

总序

科技改变生活,科技创造未来,科技进步的根本特征就在于不断打破经济社会发展的既有均衡,给生产开拓无尽的空间,给生活带来无限便捷,并在这个基础上创造新的均衡。当今世界,新一轮科技革命和产业革命正在兴起,从后工业时代到智能时代的转变已经成为浩浩荡荡的世界潮流,以现代科技发展为基础的重大科学发现、技术发明及其广泛应用,推动着世界范围内生产力、生产方式、生活方式和经济社会发生前所未有的变化,科学技术越来越深刻地给这个急剧变革的时代打上自己的烙印。作为世界最大的发展中国家和世界第二大经济体,中国受科技革命的影响似乎更深刻、更广泛一些,科技创新的步伐越来越快,新技术的广泛应用不断创造新的奇迹,智能制造、互联网+、新材料、3D打印、大数据、云计算、物联网等新的科技产业形态令人目不暇接,让生产更有效率,让人们的生活更加便捷。

按照邓小平同志确定的我国经济社会发展三步走的战略目标,2049年新中国成立100周年时我国将进入世界中等发达国家行列,建成社会主义现代化强国。这将是全面建成小康社会之后在民族复兴之路上攀上的又一个新的高峰,也是习近平总书记提出的实现中华民族伟大复兴中国

梦的关键节点。为了实现这一宏伟目标，党中央始终坚持科学技术是第一生产力的科学论断，把科技创新作为国家发展的根本动力，全面实施创新驱动发展战略。特别是在刚刚闭幕的十八届五中全会上，以习近平同志为总书记的党中央提出了创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念，强调创新是引领发展的第一动力，人才是支撑发展的第一资源，要把创新摆在国家发展全局的核心位置，以此引领中国跨越“中等收入陷阱”，进入发展新境界。那么，科学技术将如何支撑和引领未来经济社会发展的方向？又会以何种方式改变中国人的生产生活图景？我们未来的生产生活将会呈现出怎样的面貌？为回答这样一些问题，中国科协调研宣传部于2011年启动“2049年的中国：科技与社会愿景展望”系列研究，旨在充分发挥学会组织优势、人才优势和专业优势，依靠专家智慧，科学、严谨地描绘出科技创新未来的生产生活全景，展望科技给未来生产生活带来的巨大变化，展现科技给未来中国带来的发展前景。

“2049年的中国：科技与社会愿景展望”项目是由中国科协学会服务中心负责组织实施的，得到全国学会的积极响应，中国机械工程学会、中国可再生能源学会、中国人工智能学会、中国药学会、中国城市科学研究会、中国可持续发展研究会率先参与，动员260余名专家，多次集中讨论，对报告反复修改，经过将近3年的艰苦努力，终于完成了《制造技术与未来工厂》《生物技术与未来农业》《可再生能源与低碳社会》《生物医药与人类健康》《城市科学与未来城市》5部报告。这5部报告科学描绘了绿色制造、现

代农业、新能源、生物医药、智慧城市以及智慧生活等领域科学技术发展的最新趋势，深刻分析了这些领域最具代表性、可能给人类生产生活带来根本性变化的重大科学技术突破，展望了这样一些科技新突破可能给人类经济社会生活带来的重大影响，并在此基础上提出了推动相关技术发展的政策建议。尽管这样一些预见未必准确，所描绘的图景也未必能够全部实现，我们还是希望通过专家们的理智分析和美好展望鼓励科技界不断奋发前行，为政府提供决策参考，引导培育理性中道的社会心态，让公众了解科技进展、理解科技活动、支持科技发展。

研究与预测未来科学技术的发展及其对人类生活的影响是一项兼具挑战性与争议性的工作，难度很大。在这个过程中，专家们既要从总体上前瞻本领域科技未来发展的基本脉络、主要特点和展示形式，又要对未来社会中科技应用的各种情景做出深入解读与对策分析，并尽可能运用情景分析法把科技发展可能带给人们的美好生活具象地显示出来，其复杂与艰难程度可想而知。尽管如此，站在过去与未来的历史交汇点，我们还是有责任对未来的科技发展及其社会经济影响做出前瞻性思考，并以此为基础科学回答经济建设和科技发展提出的新问题、新挑战。基于这种考虑，“2049年的中国：科技与社会愿景展望”项目还将继续做下去，还将不断拓展预见研究的学科领域，陆续推出新的研究成果，以此进一步凝聚社会各界对科技、对未来生活的美好共识，促进社会对科技活动的理解和支持，把创新驱动发展战略更加深入具体地贯彻落实下去。

最后,衷心感谢各相关全国学会对这项工作的高度重视和热烈响应,感谢参与课题的各位专家认真负责而又倾心的投入,感谢各有关方面工作人员的协同努力。由于这样那样的原因,这项工作不可避免地会存在诸多不足和瑕疵,真诚欢迎读者批评指正。

中国科协书记处书记 王春法

序 言

中国农业有超过8000年的历史。数千年来，农业生产不仅有力支撑了中华民族的繁衍生息和兴旺发达，也为推动世界农业发展和促进人类社会进步做出过重要贡献，特别是体现“天人合一”理念的许多传统农作方式被认为是可持续农业的典型代表，至今仍被国际社会所推崇。例如，2002年起联合国粮农组织发起了全球重要农业文化遗产（GIAHS）保护项目。目前，在25个全球重要文化遗产（GIAHS）试点中，来自中国的稻鱼共生系统等8个可持续农业模式入选，居世界各国之首。

近代以来，中国农业未能把握住新技术革命的契机，在品种培育、栽培技术、耕作模式等农业发展的许多重点科技领域逐渐落后于西方发达国家，生产力的低下和战乱等因素的影响，使中国农业步入历史低点。新中国成立后尤其是改革开放以来，农业技术研发和推广体系逐步建立，中国农业生产全面恢复并开启了现代化进程，农业生产为我国社会稳定、经济繁荣日渐发挥了重要的基础作用。自2003年以来，中国粮食产量连续9年增长，肉、蛋、奶、水果、蔬菜等其他农产品持续充足供应。中国农业不仅为超过13亿人口的中国人提供了充足的食物，同时也为加快全球消除饥饿与贫困进程发挥了巨大的推动作用。

2012年11月，党的“十八大”胜利召开，提出了“在新中国成立一百年

时建成富强民主文明和谐的社会主义现代化国家”的宏伟目标。这一目标是“中国梦”的具体体现，也赋予了中国农业科技和农业发展全新的历史使命。面向2049年，我国该如何把握当今及未来农业科技革命的重大机遇，加快、深化我国的农业现代化进程？我们憧憬的2049年的中国农业究竟是何种景象？转基因等生物技术究竟是增进人类福祉还是威胁人类的健康？这些已成为我国农业科技领域的一个重要命题，亿万民众也在翘首以盼科学、权威的研究结论。

由中国科协发起的“2049展望：生物技术与未来农业”项目为我国农业科技工作者构建了一个共同研讨未来农业科技对人类影响的重要平台。在中国科协的支持下，来自中国农业科学院、中国科学院、中国农业大学等单位的专家学者汇集一堂，从生物技术支撑未来农业发展的角度出发进行了系统的分析研究。历经一年多的辛勤努力，报告终将付梓。

本报告从农业生物领域的前沿技术、生物育种技术、生物饲料、生物肥料、生物技术与农产品加工、生物质能源、生物疫苗、生物防治、农业环境生物技术等方面，深入、全面分析了当前国内外的技术发展现状及趋势，从支撑未来农业发展需求的视角出发，提出了相应的重大科学问题及相应的政策建议。本报告认为，生命科学和生物技术的发展正在驱动第三次农业绿色革命，促进农业产量和质量快速提升，推动农业与工业、健康、能源和环保等产业的结合，为保障粮食安全、能源安全、水安全、生态安全和人口安全提供有力支撑。展望未来，转基因等生物技术的安全问题将逐步得到社会各界的广泛认同并进入产业化阶段；积极开展转基因等生物技

术的研究与应用,是把握发展机遇、加快农业现代化的必然选择。相信本报告对于从事农业战略政策制定、农业科技创新的有关部门领导及专家学者具有重要的参考价值。

当前,生物技术在全球范围内快速发展,其对农业生产和人类社会发展的影响极其复杂、意义深远,同时也有不确定性。虽然我们付出了巨大的努力,但限于我们的知识水平,再加上距离2049年仍有30余年时间,本报告的一些判断和观点会有不妥或争议之处,敬请广大读者多提宝贵意见。

刘燕华

国务院参事、科技部原副部长

2013年11月

序 二

研究与预测2049年的农业技术及其影响，是一项科学性强、挑战性大、难度高的工作。本研究在系统研究国内外农业发展的历史、现状和趋势的基础上，结合人口安全、粮食安全、生态安全的变化趋势与规律，重点对新一轮的科技革命，特别是生物技术对未来农业的作用和影响进行了系统的研究。

研究表明，生物技术应用新的科技基础，将会推动第三次农业绿色革命，促进农业产量和质量的迅速提升，推动农业与实际工业的融合，促进农业与健康产业的结合、农业与环保产业的结合以及农业与休闲与养老产业的结合，使农业的领域更宽，技术更高，效率更高，加速农业与传统产业向高新技术产业更进一步的转变。为保障粮食安全，促进能源安全、水安全、生态安全和人口安全提供有力支撑。

一、第三次农业绿色革命的重点与方向

农业现代化、农村城镇化、农村知识化、农民工市民化，是未来中国农业和农村发展的基本方向，而农业现代化的核心将是农业的“四化”，即良种化（研究与推广良种）、化学化（使用化学肥料和化学农药）、机械化（耕种收全面机械化）、信息化（提供技术与市场信息）。在此之后，生物技术将继续拓展新的农业产业革命，推动农业进入第三次农业绿色革命的进程。



(一) 第一次农业绿色革命

第一次农业绿色革命发生在20世纪40年代，主要特征是利用杂交育种技术，开展利用“矮化基因”，培育和推广矮秆、耐肥、抗倒伏的高产水稻、小麦、玉米等新品种，辅助于农药和农业机械，大幅度地提高了农作物的产量，有效地解决了发展中国家近20亿人口的粮食短缺的问题。第一次农业绿色革命重点是提高粮食产量，但是没能有效地解决农业的质量问题，特别是使农业高度依赖于化学肥料和化学农药。

(二) 第二次农业绿色革命

第二次农业绿色革命是以基因工程为核心，现代生物技术为基础，培育既高产、优质又富含营养的动植物新品种的革命。这次绿色革命在促进农业生产及食品增长的同时，引领环境可持续发展。邓小平同志早就讲过农业根本要靠科技解决问题，农业要靠生物技术。这个判断准确地点出了第二次农业绿色革命的核心——生物技术。植物组织培养技术、动物胚胎移植技术、转基因技术、生物

肥料、生物农药等技术与应用，推动了第二次农业绿色革命。与第一次农业绿色革命不同，第二次农业绿色革命在继续提高植物品种产量和品质的同时，利用现代生物技术提高了动物产品的数量与质量，大力开发生物肥料、生物农药，逐步替代了化学肥料与农药，减少了对化学品的依赖，减少了对环境的破坏。目前，人类还找不到一项技术，对未来农业技术发展的作用与影响将能够超过生物技术。

目前，第二次农业绿色革命正处于全面发展和突破过程中。与第一次农业绿色革命比较，第二次农业绿色革命将会给农业带来更大、更广的影响。

(三) 第三次农业绿色革命

生命科学与生物技术的发展推动了生物经济时代的来临。生物经济是以生命科学与生物技术研究开发与应用为基础的、建立在生物技术产品和产业之上的经济，是一个与农业经济、工业经济、信息经济相对应的新的经济形态。在未来的生物经济时代，第三次绿色革命将促进农业发生前所未有的变革，第三次农业绿色革命的核心技术仍将是生物技术，其特点是绿色增长、多元化与可持续，即在保障食品安全、促进农业向多元化发展的同时，促进环境可持续发展。在第二次农业绿色革命的基础上，第三次农业绿色革命使农业的功能和范畴实现了又一次拓展，除种植业、林业、畜牧业、渔业外，还形成了包括食品、营养、健康医疗、生物资源、环境与生态等相关系统在内的新型农业体系。

(四) 第三次农业绿色革命的10项重点方向与内容

(1) 转基因技术有望使粮食增产30%左右，从根本上解决粮食供应问题。

转基因安全问题将逐步得到社会各界的广泛认同，进入大规模产业化阶段。转基因技术是技术问题，是经济问题，也是政治问题和社会问题，任何对农业转基因

技术应用的干扰和阻挠,都会不同程度地影响未来农业的发展。反之,任何对转基因技术研究与应用的推动和促进,都会对未来农业的发展作出历史性贡献。

推广转基因外带农作物品种,可以使10亿亩旱地农作物全面增产,仅此一项可增产粮食1000亿公斤左右,能节约3条黄河的有效灌水量,年经济效益增长约1500亿元^①。

推广抗病虫的转基因农作物品种,将会使农药使用量减少15%左右,减轻环境污染,降低农产品成本^②。

(2) 转基因动物技术,有望使畜牧生产效率提高20%左右,推动肉、蛋、奶数量与质量迈上一个新的台阶。

动物胚胎移植技术,将进一步加速畜禽品种良种化,主要品种更替效率提高20%~30%。转基因动物技术,有望使动物的增长速度提高20%~40%,目前转基因猪、转基因鱼的试验表明,增长速度将会增加40%,而肉的质量明显提高。

动物生长激素的应用,将进一步提高动物的生产能力,提高畜牧业的效率。当前牛、猪、鸡、鱼的生长激素应用于完成阶段,即将开展安全性的评价,美国等一些国家已经将动物生长激素产业化。

生物技术将研究新型的饲料添加剂,这将大幅度地提高饲料的安全性,提高饲料的质量和效益。

(3) 植物组织胚芽技术将进一步广泛使用,人类食用蔬菜的数量和质量将产生革命性的变化。

我国蔬菜种子受制于人的局面有望从根本上得到改变,通过现代生物技术,加

① 中国的生物经济——中国生物科技及产业创新能力国际比较, p230.

② 发展生物技术,引领生物经济, p187.

速培育蔬菜的优良品种，结束蔬菜品种依赖于人的被动局面。蔬菜的生产将出现工厂化，彻底结束蔬菜供应分淡季和旺季的历史，同时有效控制农药对蔬菜的污染。

(4) 转基因技术有望增加15亿亩左右的可用土地，有效缓解土地短缺的矛盾。广泛使用抗盐碱基因的植物，可使约10亿亩的盐碱地荒地得到充分利用，种植耐盐耐寒农作物、药材，使荒地盐碱地得到充分利用，年经济效益约1000亿元。另外，利用转基因植物品种，充分利用南方10亿亩草山草坡，将会种植水果、观赏植物、芳香植物等农产品，有效缓解城市化和工业化导致的土地短缺问题^③。

(5) 节水农业技术有利于保障水的安全。我国8亿亩灌溉农田，播植耐干旱的转基因农作物浸种，可以节约灌水20%左右，同时城市种植节水耐寒的树木和草种，将会减少城市绿化用水20%左右，有效促进水资源的高效利用，保障水安全^④。

(6) 农业生物技术有利于保障生态安全，大量推广和应用转基因抗旱、抗盐碱植物品种，能够大幅度地提高我国西北部的植被覆盖率，缓解水土流失、沙尘暴等生态环境问题。另外，开发利用可降解的地膜，能有效控制农用地膜对土壤和环境的污染。同时，利用现代生物技术修补已经污染的土壤环境和水资源。生物技术是污水处理最有效的技术之一。

(7) 农业生物技术有利于保障能源安全。生物能源已经成为重要的新型能源。燃料酒精技术已经成熟，在我国即将得到广泛的使用。生物柴油技术，将会逐步得到使用。据初步测算，使用近10亿吨农作物的秸秆和废弃物，利用生物发酵技术生产燃料酒精，可形成相当于4个大庆油田的石油量。此外，我国大量的

^③ 发展生物技术，引领生物经济，p441.

^④ 中国的生物经济——中国生物科技及产业创新能力国际比较，p218.