

农业科技现代化成为农业现代化的强劲引擎

◎本报记者 马爱平

智能农机在田野里奔腾驰骋，自动播种、施肥、收割，却不见一人；指尖在屏上轻轻一划，旅行之余也可以给大棚里的蔬菜浇水施肥；没有土壤，没有阳光，植物工厂里的蔬菜依然长得旺盛……科技与农业融合，描绘着最时尚、最具创造力的现代农业图景。

农业现代化关键是农业科技现代化。党的十八大以来，党中央国务院高度重视农业科技创新，深入实施“藏粮于地、藏粮于技”战略，全国广大农业科技工作者坚持“四

个面向”，戮力创新攻关，一批引领性、原创性和标志性的重大科技成果竞相涌现，两系法开启杂交水稻新纪元、首次在实验室实现人工合成淀粉、“基因剪刀”打破国外垄断、植物工厂“快速育种”实现重要突破，我国农业科技创新取得历史性成就，整体实力进入世界前列，高水平农业科技自立自强迈出坚实步伐，农业科技现代化已经成为保障粮食安全和重要农产品供给、突破资源环境约束、引领农业农村现代化的强劲引擎。2012年到2021年，我国粮食总产量由6.1亿吨提高到6.8亿吨，良种增产贡献率由45%提高到50%以上，主要农作物耕种收综合机械化率由57%提高到72%。

重大创新成果

为农业农村高质量发展插上“科技翅膀”

10年来，广大农业科技工作者聚焦农业科技的要害短板，戮力同心、砥砺前行，农

业开拓国际市场，参与国际农业科技竞争提供了核心技术支撑。

单倍体育种技术让玉米育种进入“高铁”时代

2020年9月，在位于山西农业大学东阳试验基地的“十三五”国家重点研发计划项目“玉米杂种优势利用技术与强优势杂种创制”成果展示现场，记者发现，不同玉米田块的技术差异很大，其中强优势玉米杂种长势颇为喜人。

“现代农作物育种技术有几个里程碑式的发展，该项目在杂交诱导单倍体育种上的多项原创性突破是玉米杂种优势利用技术新的里程碑，对我国农业技术革命将起到重大的推进作用。”中国工程院院士、中国农业大学教授戴景瑞告诉记者，单倍体快速育种技术大大提高了新材料的创制速度。过去，选育1个玉米自交系，要连续自交8代或更长时间；现在使用这项技术，快则1年，2代就可以选育出纯合自交系，进而用于优良杂种的组配，显著提升了育种效率。

中国农业大学国家玉米改良中心的陈绍江团队针对玉米单倍体技术开展了长达20余年的持续研究，相继在关键单倍体诱导基因、单倍体诱导与加倍的技术上取得了突破，创建了高效的育种技术体系。该技术作为现代种业“高铁技术”，大幅提升了我国种业科技的竞争力。2021年，该研究团队在国际知名期刊《植物生物技术杂志》上发表最新研究成果，首次建立了番茄单倍体诱导系统，为创建单双子叶作物通用的跨物种单倍体快速育种技术体系奠定了基础。

从二氧化碳到淀粉的全合成引领传统种植模式革命性变革

满足碳水爱好必须靠种地吗？二氧化碳和氢气在一起会发生怎样的反应？中国科学院天津工业生物技术研究所人工合成淀粉方面取得重要进展。该所研究人员提出了一种颠覆性的淀粉制备方法，不依赖植物光合作用，以二氧化碳、电解产生的氢气为原料，成功生产出淀粉，在国际上首次实现了二氧化碳到淀粉的从头合成，使淀粉生产从传统农业种植模式向工业车间生产模式转变成为可能，取得原创性突破。相关研究成果2021年9月24日在线发表于《科学》杂志。

研究团队采用了一种类似“搭积木”的方式，联合中科院大连化学物理研究所，利用化学催化剂将高浓度二氧化碳在高密度氢能作用下还原成碳一（C1）化合物，然后通过设计构建一聚合酶，依据化学聚糖反应原理将碳一化合物聚合成碳三（C3）化合物，最后通过生物途径优化，将碳三化合物又聚合成碳六（C6）化合物，再进一步合成直链和支链淀粉（Cn化合物）。

“这一人工途径的淀粉合成速率是玉米淀粉合成速率的8.5倍，为创建新功能的生物系统提供了新的科学基础。”论文第一作者、中科院天津工业生物技术研究所副研究员蔡韬说。

重大动植物疫病防治技术为农业生物安全织上“防护网”

为有效从家禽源头控制H7N9病毒，中国农业科学院哈尔滨兽医研究所陈化兰院士团队利用成熟的疫苗研发平台，及时创制出重组禽流感病毒（H5+H7）二价灭活疫苗，在我国10家高致病性禽流感疫苗定点生产企业转化生产和应用，获得国

家一类新兽药证书，极大地降低了H7N9病毒在家禽中的流行和传播。更重要的是，疫苗的应用在阻断人感染H7N9病毒中发挥了立竿见影的效果。我国H7N9流感的成功防控已成为从动物源头控制人畜共患传染病的典范。

我国草地贪夜蛾、非洲猪瘟等重大动植物疫病综合防治技术取得重大进展。草地贪夜蛾、非洲猪瘟等发生后，科技部通过国家重点研发计划及时部署应急研发项目，组织开展联合攻关。中国农业科学院第一时间掌握草地贪夜蛾入侵信息，明确成灾规律，研发出一批监测预警和综合防控的技术与产品，全面支撑了“虫口夺粮”阻击战，被联合国粮农组织向全球推荐。在全球首次解析非洲猪瘟病毒三维结构，完成基因缺失疫苗第二阶段临床试验，单单位疫苗实验室研究进展顺利。

我国科研人员还创建了以生物多样性利用为核心，以生态抗灾、生物控害、化学减灾为目标的小麦条锈病菌源基地综合治理技术体系。

智慧农业为农业现代化装上“加速器”

在科技部国家重点研发计划“智能农机装备”重点专项的支持下，我国全面推进农机装备关键核心技术攻关，突破信息感知、决策智控、精准播栽、高效收获等智能化理论与关键核心技术，研制了智能重型拖拉机、智能施肥药、智能收获、果菜茶生产、畜禽水产养殖、农产品产地处理等领

重大基础研究突破

为抢占世界农业科技制高点奠定坚实基础

10年来，我国农业基础研究领域连续取得突破性重要进展，在基因组学、重要功能基因解析、重大病虫害发生机制等领域取得一系列创新成果。在基础理论方面，我国开创了水稻研究从传统遗传图谱向全基因组水平转变的先河，发现并克隆了耐高温、耐旱、高产、抗病等一批具有重要育种价值和自主知识产权的新基因，打破国外关键基因垄断。在方法工具方面，中国农业科学院创新团队开发出我国自主知识产权且拥有专利的基因编辑系统。在机理机制方面，发现植物抵御病毒的关键免疫蛋白，为高效绿色防控提供新策略。中国农业科学院张友军团队发现“植物和动物之间存在功能性基因水平转移”机理，这是现代生物学诞生100多年来，首次证实植物和动物之间存在功能性基因水平转移现象。

异源四倍体野生稻快速从头驯化新策略开辟全新育种方向

驯化作物总要经历千百年历史。而面对日益紧迫的粮食危机，如何根据人类需要，迅速驯化野生稻？中国科学院遗传与发育生物学研究所李家洋院士研究团队首次提出了异源四倍体野生稻快速从头驯化的新策略，旨在最终培育出新型多倍体水稻作物，从而大幅提升粮食产量并增加作物环境变化适应性。这一研究成果于2021年2月4日在国际学术期刊《细胞》长文发表。

为攻克创制多倍体水稻新作物的难题，李家洋院士所带领的研究团队首次提出异源四倍体野生稻快速从头驯化的新策略，并将其划分为四个阶段：第一阶段，收集并筛选综合性状最佳的异源四倍体野生稻底盘种质资源；第二阶段，建立野生稻快速从头驯化技术体系；第三阶段，品种分子设计与快速驯化；第四阶段，新型水稻作物推广应用。

该团队攻克技术瓶颈，成功创制了落粒性降低、芒长变短、株高降低、粒长变长、茎秆变粗、抽穗时间不同程度缩短的各种基因编辑源四倍体野生稻材料，证明团队提出的异源四倍体野生稻快速从头驯化策略高度可行。本项研究为未来粮食危机应对提出了一种新的可行策略，开辟了全新的作物育种方向，是该领域的一项重大突破性进展，未来四倍体水稻新作物的成功培育有望对世界粮食生产带来颠覆性的革命。

重要基因挖掘充实了现代生物育种“材料库”

随着全球气候变暖趋势加剧，高温胁迫成为制约世界粮食生产安全的最主要因素之一。据报道，平均气温每升高1℃，会造成水稻、小麦、玉米等粮食作物3%—8%左右的

减产。中国科学院分子植物科学卓越创新中心林鸿宣研究团队与上海交通大学林允舜研究团队合作在这一领域取得新突破，成功分离克隆了水稻高温抗性新基因位点TT3，并阐释了其调控高温抗性的新机制。相关成果2022年6月17日在《科学》杂志上发表。

节水抗旱稻是指既有水稻的高产优质特性，又有旱稻的节水抗旱特性的一类水稻品种类型。在国家“863计划”等项目支持下，上海市农业生物基因中心罗利军研究团队围绕节水抗旱稻的遗传分化、节水抗旱的遗传与分子机制、节水抗旱品种培育和配套技术等方面进行系统研究，挖掘了水稻抗旱基因OsRINGzf1，选育了“早优73”等节水抗旱稻新品种，大大拓展了水稻种植区域，该项目获得2020年度国家科技进步奖一等奖。

2022年7月22日，《科学》杂志发表了中国农业科学院作物科学研究所周文彬研究员团队牵头的研究论文，该团队通过承担国家重点研发计划“粮食作物产量与效率层次差异及其丰产增效机理”项目，历时7年，在水稻中研究发现了水稻高产基因（OsDREB1C），该基因能够同时提高光合作用效率和氮素利用效率，显著提高水稻产量，并缩短生育期。

“基因剪刀”为生物

育种创新提供新工具

“不与农学结合的生物技术就不是真正的生物技术”，赖锦盛教授感慨地说。他敏锐地找准方向，以玉米和大豆两大主要农作物为研究对象，开展分子设计育种的基础研究。2010年以来，赖锦盛教授团队在国际顶尖杂志接连发表一系列高水平论文，不断深化对生物育种的认识。十年磨剑酬壮志，为的是不再“卡脖子”，志在打赢“翻身仗”。2018年7月30日，赖锦盛教授课题组在玉米基因组学上取得重要进展，研究成果在《自然·遗传》上在线发表，我国玉米基因组学研究更加自信地走在世界最前沿。2021年，赖锦盛教授团队自主开发的两把属于中国的“基因剪刀”——Cas12i和Cas12j获得专利授权，弥补了我国在基因编辑核心工具领域的技术空白，一举打破国外对该项技术的垄断。

“基因剪刀”，是一种形象的说法，也就是利用某些能够切割病毒遗传物质的Cas蛋白，即CRISPR-Cas，对目标基因进行一定剪切，从而实现复杂精

准的基因编辑。Cas蛋白有93个之多，德国和美国的两位学者因发现CRISPR-Cas9“基因剪刀”而于2020年共同荣获诺贝尔化学奖。一直以来，该领域技术及原始核心专利为西方少数国家所垄断。近年来，我国一批科学家奋力耕耘，在植物基因编辑研究领域不断开疆拓土。事实充分说明，中国实现高水平科技自立自强路在脚下。

植物工厂育种加速器破解植物周年加代繁育瓶颈

没有阳光、雨水和土壤，能种出粮食来吗？农业科学家说：“能，而且长得更快！”2021年10月，在国家“十三五”科技创新成就展上，一幢泛着红紫色柔光的玻璃小屋格外亮眼。这是中国农业科学院都市农业研究所植物工厂创新团队研制的一座植物工厂。四层栽培架上，一排排水稻青苗齐整整扎在特殊的营养液里，在颗颗彩色LED节能灯的“抚触”下，

组织实施机制改革

为农业科技创新注入新的活力

10年来，我国农业科技体制机制改革不断完善，产学研用融合不断加深，创新激励政策持续走实，农业科技创新活力和动力得到充分激发。通过实施“揭榜挂帅”、部省联动、青年科学家项目等新机制，不断探索农业科技领域新型举国体制。针对重大技术瓶颈和产品制约，实行“揭榜挂帅”机制，创新不问出身。设置青年科学家项目，鼓励自由探索，推动青年科技人才脱颖而出。设置科技型中小企业项目，择优支持中小企业科技创新。在动物育种、林木育种、耕地质量监测等方面，实施长周期支持机制。

部省联动新机制着力解决区域农业重大现实难题

农业具有明显的区域性特征，协同解决农业生产中的区域性重大现实难题是保障国家粮食安全的必然要求。顺应农业产业特点和科研规律，“十四五”农业农村领域国家重点研发计划探索实施部省联动组织实施机制。科技部和有关省份联合论证、联合投入、联合推进，中央和地方按1:1匹配经费，统筹全国科技资源和优势力量，将区域性重大科技问题上升到国家层面来解决，“推动”问题从生产中产生，成果到生产中检验，实现了管理联动、政策联动、资源联动。

2021—2022年，科技部与28个省份联动实施了“环渤海盐碱地耕地质量与产能提升技术模式及应用”“长江中下游坡耕地黄壤与中低产稻田产能提升技术模式及应用”等55个项目，深受科研一线和地方好评。2021年，科技部与山西省联动实施了“有机旱作农业耐瘠抗逆节水增效技术模式与应用”项目，支持区域创新力量联合国家优势单位协同开展有机旱作农业关键技术攻关，共同把有机旱作农业创新成果落实到黄土地上。

青年科学家项目激励青年科技人员勇闯“无人区”

为加大青年科技人才培养力度，科技部在国家重点研发计划中探索实施青年科学家项目机制，鼓励青年人员在基因编辑等基础科学领域自由探索。作为受项目资助的青年科学家之一，中国农业大学农学院小麦研究中心“90后”教授、博士生导师宗媛表示，国家对青年科学家的支持和关注让自己更有底气、有勇气放手去验证心中的设想，身上的重担也让自己面对成果时更加清醒。提到自己对青年科学家责任的理

解，宗媛说：“青年科学家要敢于挑战‘无人区’的科学问题和技术瓶颈，大胆创新，在美好时代发挥自己的价值，为未来农业发展勾勒出更美好的蓝图。我希望能够用自己在植物基因组编辑领域的一技之长，推进植物精准设计育种和智能育种的早日实现，为保障我国种业安全、粮食安全贡献自己的力量。”

展望未来，科技让农业“更智慧”，农村“更便捷”，一幅农业科技绘就的多彩画卷徐徐展开：在无人农场的数字大田，早上太阳升起来，仓库门自动打开后，无人驾驶农机根据大数据就能分析出农田作物生长和健康状况，随后自动判断和进行相应的耕作、喷洒农药、除草作业，完成后再自动回到停车场，农民全程可在线上操作，云计算、物联网、大数据、功能农业、智慧农业……推动“科技的翅膀”，精耕“希望的田野”。

正奋力拔节。

创新团队以人工光植物工厂为手段，在详尽分析水稻苗期、分蘖期、拔节期、抽穗期、开花期、灌浆期等各个生育阶段生物学特性基础上，创制出水稻不同生育期环境—营养动态协同调控技术，构建了大幅度缩短水稻生育期的技术途径，成功实现水稻种植60天左右收获的重大突破，将传统大田环境下120天以上的水稻生育周期缩短了一半，大幅提升水稻育种效率。

创新团队首席科学家杨其长说，这座植物工厂如同一台水稻育种加速器，有望实现每年6茬以上的水稻“快速育种”，栽培层数甚至可以达到10层以上。此外，创新团队还致力于将植物工厂用在小麦快速育种上，目前可实现小麦从秧苗移栽到植物工厂后34天孕穗，39天抽穗，65天成熟收获，与传统大田环境下平均180天的生长周期相比缩短了三分之二。杨其长说，未来，依靠植物工厂，可为水稻和其他作物的加代育种和高效栽培提供新的技术路径。

青年科学家项目激励青年科技人员勇闯“无人区”

为加大青年科技人才培养力度，科技部在国家重点研发计划中探索实施青年科学家项目机制，鼓励青年人员在基因编辑等基础科学领域自由探索。作为受项目资助的青年科学家之一，中国农业大学农学院小麦研究中心“90后”教授、博士生导师宗媛表示，国家对青年科学家的支持和关注让自己更有底气、有勇气放手去验证心中的设想，身上的重担也让自己面对成果时更加清醒。提到自己对青年科学家责任的理

解，宗媛说：“青年科学家要敢于挑战‘无人区’的科学问题和技术瓶颈，大胆创新，在美好时代发挥自己的价值，为未来农业发展勾勒出更美好的蓝图。我希望能够用自己在植物基因组编辑领域的一技之长，推进植物精准设计育种和智能育种的早日实现，为保障我国种业安全、粮食安全贡献自己的力量。”

展望未来，科技让农业“更智慧”，农村“更便捷”，一幅农业科技绘就的多彩画卷徐徐展开：在无人农场的数字大田，早上太阳升起来，仓库门自动打开后，无人驾驶农机根据大数据就能分析出农田作物生长和健康状况，随后自动判断和进行相应的耕作、喷洒农药、除草作业，完成后再自动回到停车场，农民全程可在线上操作，云计算、物联网、大数据、功能农业、智慧农业……推动“科技的翅膀”，精耕“希望的田野”。