现代智慧生态农业：未来30年中国农业方略

——三位院士对话农业现代化

嘉宾

刘　旭 中国工程院院士

李文华 中国工程院院士

赵春江 中国工程院院士

主持人

农民日报·中国农网记者
焦宏 杨瑞雪

◇刘旭

◇李文华

◇赵春江

习近平总书记指出，没有农业农村现代化，就没有整个国家现代化。面向2050年我国全面建成社会主义现代化强国的目标，中国农业应该怎么走？近日，中国工程院院士刘旭、李文华、赵春江领衔开展的中国智慧生态农业相关研究成果发布，提出未来30年应坚持发展“现代智慧生态农业”这一基本方略。本期对话邀请三位院士，共同探讨实施该方略的政策建议、发展趋势和技术路线。

解决未来供需矛盾的重要途径是提高长期农业全要素生产率

主持人：改革开放以来，我国农业发展取得了巨大成就，但粮食安全与主要农产品有效供给及质量安全的压力始终存在，那么，未来30年我国农业发展主要有哪些新的需求和挑战？

刘旭：根据目前掌握的情况，可以对未来需求变化趋势进行大致的推断，未来我国农产品消费的总量会随着人口规模的变化先增后减，预计在2035年前后，食物消费总量将达到高峰，之后会呈现减弱趋势。但是，随着收入增长和消费结构升级，居民对农产品质量需求会有所提高，食物需求结构将朝向高质高值、绿色有机的农产品转变，未来以养殖业为主的高蛋白产品消费会进一步增长，并且在蔬菜、水果方面的需求会更多样化，对于食物供给质量，尤其是在绿色有机食物方面的要求将会更高。在地区冲突、极端天气以及新冠肺炎疫情等因素的影响下，国际农产品供应链显示出其脆弱性。因此，人均收入的增长对食物需求从总量、结构和质量等方面都提出更高的要求，粮食总体供需难以平衡将会成为我国食物安全面临的主要挑战。

赵春江：解决未来有限资源供给和日益增长的食物需求矛盾的重要途径，是提高长期农业全要素生产率，这也是实现“藏粮于地、藏粮于技”的重要手段。虽然近年来我国农业公共科技投入支出不断增长，但农业全要素生产力的增长速度逐步放缓。除技术、制度和政策方面的因素以外，现有生产组织方式限制了机械化推广和农业生产规模经济的实现，也导致了农业产业链延伸程度不足和农产品增值跨环节分配不合理、农业生产中人地两类要素的流动不匹配等，进而导致农业全要素生产率不高，主要农产品缺乏国际竞争优势。如何提升农业生产力，已经成为推进农业发展和农村转型的紧迫任务。

未来进一步减少对农业劳动力的需求，进一步提高农业劳动生产率，是新时期农业发展的必然选择。同时，生物技术、信息技术、工程技术、人工智能等现代技术的发展对新时期的农业劳动力素质提出了更高的要求，但我国农民的整体教育程度远远落后于发达国家。即便是接受了涉农教育，但有很大部分学生毕业后不到农业部门就业。如果农业劳动力素质、农户生产能力以及农业经营规模都远在现代生产力水平要求线之下，以其为基础的科技应用、产品质量、市场准入、维生收入、从农热情等等都将日益变得难以为继，现代农业也就因此而成为一个可望不可即的奢望。

李文华：当前，我国资源环境问题依然严峻，如水土资源方面约束趋紧，资源利用效率不高，耕地质量下降等。此外，生态功能退化风险仍在，面临如气候变化导致极端气候灾害频发、农业结构单一化、生物品种多样性锐减等问题。随着国际农业发展迈入新阶段，实现农业生态功能持续提升和可持续发展，我国农业将持续面临着低碳与绿色发展的挑战。

主要发达国家加快布局智慧农业、生态农业、生物农业

主持人：从国外的实践来看，现在国际上农业的发展趋势是什么？

李文华：当前，新一轮技术革命方兴未艾。国际农业经历了机械化、化学化、信息化的串联式发展过程，现在已进入了智慧型、可持续发展的农业新阶段。主要发达国家在加快布局智慧农业、生态农业、生物农业等，抢占农业科技创新和产业发展制高点。

联合国粮农组织先后推动提高生产力、增强适应性和发挥农业多功能的全球重要农业文化遗产（GIAHS）、生态农业（Agroecology）与气候智慧型农业（Climate Smart Agriculture）计划。这些计划的核心表现在三个方面：一是在不破坏土地可持续生产能力的基础上，提高单位面积生产力；二是加强自然生态系统对农业的庇护作用；三是发挥农业的多种功能，强调经济、生态与社会效益的全面提高。

赵春江：智慧农业工程科技的发展已成为国际上现代农业技术发展前沿。世界主要发达国家都将推进现代信息技术与农业的深度融合作为实现创新发展的重要动能，在前沿技术研发、数据开放共享、人才培养等方面进行了前瞻性部署。

主要发达国家和地区组织围绕智慧农业分别出台了相关战略计划，如美国的“面向2030年食品和农业的科学突破”、欧盟的“农业科技2030”、日本的“数字农业、食品、农业、农村基本计划”等，将现代信息技术广泛应用于整个农业生产活动和经济环境，加快推进智慧农业发展，激活农业数字经济。

现代智慧生态农业是一个可持续的复合农业生态系统

主持人：我们的国情和农情决定了不可能照搬国外农业现代化的经验。习近平总书记提出“必须探索出一条具有中国特色的现代农业发展之路”。结合国内外的实践来看，到2050年全面实现农业农村现代化，中国农业应该怎么走？

刘旭：要实现农业强而永续、农民富而体面、农村美而生态的美好愿景，不仅要提高产品产量，还须提高产品质量、确保食品安全。不仅要提高土地产出率、获得经济效益，还应发挥生态系统的多种环境服务功能并促进农村的可持续发展，同时确保农产品质量与国内外市场的竞争力，并能紧跟国际农业技术和管理发展前沿。这就需要探索一条综合发展的道路。

2018年9月，习近平总书记在北大荒建三江国家农业科技园区考察时指出“中国现代化离不开农业现代化，农业现代化关键在科技、在人才。要把发展农业科技放在更加突出的位置，大力推进农业机械化、智能化，给农业现代化插上科技的翅膀。”在总结农业发展的经验与问题以及研判未来发展趋势的基础上，我们认为，发展现代智慧生态农业，即强化生态理念和智慧手段，并结合现代生物技术与装备技术应用，与农业现代化和乡村振兴战略的要求高度吻合，是我国未来农业发展的必然选择，是具有中国特色、适应中国国情的农业可持续发展道路，可作为我国未来30年基本方略。

主持人：如何更确切地理解现代智慧生态农业的内涵？它的发展目标是什么？

赵春江：现代智慧生态农业聚焦“智慧、生态、现代”三个关键词，是以生态为主线，以智慧为手段，突出以生物技术和信息技术为支撑的现代农业。它是通过先进的多领域的科技与生产深度融合，大幅提升农业生产力与效率，通过人工智能、大数据、云计算实现产前生产资料科学衔接、产中生产要素精准配置、产后产品供需完美对接，通过农业产业链中物质系统良性循环，实现资源高效利用与生态功能持续提升，最终实现生产、生态和生活协同共荣，生物技术、信息技术和装备技术耦合发展，现代化、智慧化和生态化融合和效率、效益和效果并举的农业发展基本方略。

李文华：系统观、整体观是现代智慧生态农业最大的特点，它不强调某一农艺措施，而是重视农业系统的结构调整；不强调单一技术，而是重视技术的综合集成；强调农林牧副渔大系统的结构优化和“接口”强化，从而充分而合理地利用自然资源，维护生态平衡，达到良性循环、整体优化的目的。它的核心是从单纯追求经济效益的最大化，转变为追求经济效益、社会效益和生态效益的全面提高，是一个可持续的复合农业生态系统。

刘旭：发展现代智慧生态农业，核心是要实现农业发展的两个基本目标。一是确保国家粮食安全目标，这依赖于信息技术、生物技术、装备技术的创新和突破，实现粮食生产规模化和现代化。至2050年，确保谷物自给率达到85%以上，其中口粮自给率达到95%以上。二是实现高效绿色高值农业与永续发展目标。至2050年，绿色、安全、营养型蔬菜水果产量大幅增长；农业生产实现“碳中和”，生态环境得到根本改善；形成资源利用高效、产地环境良好、田园风光优美的农业永续发展格局。

高效是现代智慧生态农业的出发点和落脚点

主持人：推进现代智慧生态农业发展，在“现代化、智慧化、生态化”方面分别有哪些重点？

刘旭：“高效”始终是现代智慧生态农业的出发点和落脚点，因此发展现代智慧生态农业首要是推进效能提升战略，提高农业生产率。首先，进一步夯实“藏粮于地”，不断提升“藏粮于技”，切实创新“藏粮于策”，而“藏粮于技”的重点是基于现代生物技术培育高产、优质、抗逆和适应性广的新品种，这是农业生产产量增长贡献最大的技术。其次，提升农业科技创新能力，加强生物种业、生物制品和生物处废（废弃物生物处理）创新与应用，建立现代智慧生态农业的科技创新体系。第三，提高农机装备的信息感知、智能决策和精准作业能力，大力推进农业生产全程机械化、装备智能化、服务社会化、管理智慧化，实现农产品生产和加工现代化。

赵春江：发展现代智慧生态农业要推进系统优化战略，推进智慧农业技术在农业生产全过程的应用，实现生产智能化、作业精准化、管理数字化和服务网络化。“农业现代化，种子是基础”，要推动现代信息技术与育种深度融合，抢占农业智能设计育种技术及其产业发展制高点；利用人工智能和多组学综合技术解析生物物质形成机制来精准调控动植物生产发育及其代谢途径，实现精准种植养殖；全面构建“全链条、网络化、严标准、可追溯、新模式、高效率”的信息高度对称的现代化智慧农产品供应链，提高农产品流通效率；构建智慧化的农业农村综合信息服务网络，促进科技、人才、土地、资金等要素科学化配置。

李文华：推动资源高效循环利用战略，是发展现代智慧生态农业的必由之路。具体而言，可以从三个方面开展。在宏观层面，通过区域资源、生态与产业布局优化配置和农业功能拓展，提高农业生态系统功能与农业生产的生态化水平，比如促进农业文化遗产发掘与保护，推动以农业系统为本底的具有自然文化教育功能的休闲农业、乡村旅游发展。在中观层面，发掘多样种植、种养结合、农林复合、景观优化等农业生态系统，实现农业生产系统物质的有效循环。在微观层面，推进生物处废、水肥精准控制等技术应用，实现农业生产全过程废物处理，减少农业生产环境影响。

主持人：看来发展现代智慧生态农业是一个复杂的系统工程，在政策支持体系方面如何做进一步的完善？

刘旭：发展现代智慧生态农业必须充分发挥科技和人才的引领作用。构建支撑现代智慧生态农业创新发展的创新型科技体系，建议在科研院所的学科体系设置上建立跨学科、跨领域的技术创新机制；加大对现代智慧生态农业发展的核心技术及关键瓶颈技术研发投入；大幅提升生物育种与关键基因发掘、智能农机装备、绿色投入品创制等领域的研发与创新能力，把握国际竞争主动权。

构建新时代农业人才体系，进一步推进农业高等教育改革，努力打破学科间的藩篱，倡导“将论文写到大地上”的理念，培育一批跨学科、复合型的农业科技人才；逐步推行农民职业资格认证制度，实施“终身教育工程”，造就一批能生产、会管理、懂经营的“新型职业农民”。

赵春江：我国现代农业发展面临的最大制约是农业经营规模过小。完善现代化农业经营体系，首要坚持和完善农村基本经营制度，引导土地经营权规范有序流转，通过现代信息技术与管理技术降低农地流转交易成本；支持种养大户、家庭农场、农民合作社、涉农企业等新型经营主体发展，推进多种形式适度规模经营和专业化生产；发展三产贯通、城乡融合的农业农村数字经济的新业态。

面对我国小农户小地块的国情，要大力构建现代社会化农业服务体系，发展以农机智能装备服务、农业精准生产技术服务、农业产销体系金融服务等为代表的全程覆盖、区域集成、配套完备的新型专业化、社会化服务体系等，让农户享受现代科技带来的红利。

现代智慧生态农业是信息科技与农业的深度融合

主持人：能否结合您的专业领域谈谈，推进现代智慧农业发展需要哪些技术方面的创新和突破？

刘旭：农业是生物技术应用最广泛的领域之一。实践表明，生物技术是推进农业绿色发展的最有效技术。

发展现代智慧生态农业，重点是要创新生物技术。与产业化密切相关的现代农业生物技术主要包括用于动植物新品种选育的转基因技术、基因编辑技术及其基因测序与分析和分子设计育种的生物芯片技术、分子标记技术等，用于生物废物处理的原子转移自由基聚合技术，用于生物制造的酶工程技术、发酵工程技术、生物合成技术等。未来农业生物技术会向更加精确化、定向化、标准化、智能化和工程化方向发展，不仅将推动传统农业产业技术的革命进步，同时将带动生物制造和生物废物处理等技术的发展，并由此推动环境的改善与绿色发展。

李文华：现代智慧生态农业很重要的一个目标是在有效实现农业生产功能的基础上，减少农业生产对生态环境的负面影响，这一目标的实现需要依赖各种现代高效生态技术的加持和支撑。

为应对农业生产的环境问题，我国的农业生态技术体系应该依据生态适宜性原则，从生态经济系统结构合理化入手，包括创新水资源、土地资源、化肥农药等资源投入的精准化技术体系；创新包括废弃物资源化利用技术和高效立体种养技术两大类的物质循环利用技术体系，如桑基鱼塘、“猪-沼-果”等是我国乃至全球高效立体种养技术体系的典型代表；创新以稻渔综合种养、“鱼菜共生”等为代表的物种共生技术体系，通过技术手段利用生物之间的共生关系可以实现更高的产量。

赵春江：发展现代智慧生态农业需要不断创新信息技术以提升农业、创新装备技术以武装农业。信息技术可以给机器赋能，让机器更加智能化，还可以增强人的智慧。从应用的角度看，智慧农业技术可以概括为动植物信息获取技术、农业生产智慧决策管理、农事活动精准作业、农产品智慧流通、农业环境、“双碳”监测与评估等技术。

智能化的装备可以强化工具手段，大幅提升农业生产效率。今后我国农业装备技术应面向主要粮食作物和经济作物、设施农业、畜牧养殖、农业废弃物加工利用等生产环节智能化精准生产需要，建设以信息技术、物联网技术、卫星定位技术、智能装备技术为核心的农业机械智能化技术装备体系，实现“机器换人”。

把握住“十四五”关键时期开展试点示范工程

主持人：对于推动现代智慧生态农业战略的落地，您认为有哪些比较具体的实施路径？

刘旭：现代智慧生态农业的发展是一个复杂而漫长的过程，我认为要抓住两个关键：一是把握住“十四五”这个关键时期，开展现代智慧生态农业试点示范工程，“由点及面”推动现代智慧生态农业的有序发展。以县域为单位探索实施的具体方案和保障措施，涵盖适合东北、黄淮海、长江中下游和南部丘陵山区等不同区域的不同发展模式。“十四五”期间构建可复制模式并开始大范围推广，作为巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接的重要手段。

第二个是抓住人才振兴这个乡村振兴的关键。建议启动高等院校农业教育提升、农业科研与推广人才创新、高素质农民培育示范、高素质农村经营与管理人才等工程。到2035年基本建成能有效支撑农业农村现代化的人才培育与管理体系。

李文华：随着生态环境和资源条件“紧箍咒”越来越紧，农业农村环境治理的要求也越来越迫切。一方面，开展种养结合模式创建工程势在必行。建立以养殖企业为主体，以物质循环为核心，种养一体、废物就地消纳的规模化生态农业模式，探索政府指导、企业和农户合作的市场运作机制。预期在“十四五”期间、2035年和2050年覆盖率分别达到10%、30%和80%。同时，要启动现代生产生活废弃物处理工程，包括实施生产与生活废弃物规范化管理和基于生物等技术的无害化处理、实施土壤生态健康培育工程、设立生物处废国家重大研发项目、培育壮大废弃物处理产业等。2025年创建并完善规范化管理和废弃物处理产业，2035年和2050年废弃物处理率分别达到80%和100%。

赵春江：面向数字中国、乡村振兴、食物安全等国家战略需求，应集成卫星遥感、物联网、大数据、人工智能、区块链等现代信息技术，研究农业资源与环境、农业生产与经营、农产品加工与流通、农业碳汇与碳排放涉农数据采集与整合分析关键技术，制定农业大数据标准，构建农业全产业链高质量发展大数据监测平台，为政府管理决策、企业生产经营、农民信息服务、居民放心消费等提供科技支撑。到2025年，大数据监测平台评估能力覆盖主要涉农部门和50%以上的农业生产经营主体；到2035年，涉农部门全覆盖、经营主体覆盖达80%。

主持人：到2050年实现全面现代化，我们还有很长的路要走。而面对国际市场和气候变化等不确定性，如何找准中国农业现代化之路？三位院士提出现代智慧生态农业，回答了中国农业该怎么走，如何全面实现农业现代化、智慧化、生态化等一系列重大问题，为我国农业现代化之路提供了一种重要选择。

（本文采写得到中国科学院地理科学与资源研究所闵庆文研究员的大力支持。）