

赵春江. 智慧农业的发展现状与未来展望 [J]. 华南农业大学学报, 2021, 42(6): 1-7.

ZHAO Chunjiang. Current situations and prospects of smart agriculture[J]. Journal of South China Agricultural University, 2021, 42(6): 1-7.



# 智慧农业的发展现状与未来展望

赵春江

(国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:** 为探究我国智慧农业未来发展的目标、任务与政策, 本文基于系统工程学视角, 阐释了智慧农业的概念与内涵, 介绍了国外智慧农业相关战略布局与行动计划, 分析了我国智慧农业发展现状、特点以及与国际上的差距, 提出了我国智慧农业未来发展目标、重点任务与政策建议。美、德、英、日等国在农业传感器、农业大数据智能、农业智能装备等智慧农业科技领域占据国际前沿; 中国在政策引领与规模经营趋势下, 常用环境类农业传感器、农业遥感技术、农业无人机、农机北斗导航、农业大数据与智能算法等智慧农业技术研发应用取得了长足进步, 部分产品基本实现国产替代。发展智慧农业是“十四五”时期乃至 2035 年我国农业高质量发展的重要内容, 针对我国农田地块细碎化、农业机械化水平不高、农村基础设施薄弱、智慧农业技术有效供给不足、政策体系与市场机制不健全等问题, 未来智慧农业的发展亟需在技术攻关、应用示范、政策试验和社会试验等方面共同发力。

**关键词:** 智慧农业; 农业传感器; 农业遥感; 农业大数据; 智能决策; 智能装备; 现状与展望

中图分类号: S22; S-1; S323.3

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2021)06-0001-07

## Current situations and prospects of smart agriculture

ZHAO Chunjiang

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

**Abstract:** The purpose of this article is to explore the objectives, tasks and policies of smart agricultural development in the future of China. Based on the perspective of system engineering, the concept and connotation of smart agriculture were expounded. The strategic layouts and action plans of smart agriculture abroad were introduced. The development status and characteristics of domestic smart agriculture and the gap between China and the world were analyzed systematically, and the development objectives, key tasks and policy suggestions for smart agriculture in the future of China were put forward. Agricultural developed countries, like United States, Germany, Britain, Japan, etc., occupy the international forefront in the fields of intelligent agricultural science and technology, such as agricultural sensors, agricultural big data intelligence and agricultural intelligent equipment. In China, the R & D and application of smart agricultural technologies, including common environmental agricultural sensor, agricultural remote sensing technology, agricultural UAV, agricultural machinery Beidou navigation, agricultural big data and intelligent algorithm, have made great progress under the trend of policy guidance and large-scale operation, and some imported technical products have been replaced by

收稿日期: 2021-08-20 网络首发时间: 2021-09-06 16:13:09

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20210906.1105.002.html>

作者简介: 赵春江 (1964—), 男, 研究员, 中国工程院院士, E-mail: [zhaocj@nercita.org.cn](mailto:zhaocj@nercita.org.cn)

基金项目: 中国工程院重大咨询项目 (2019-ZD-05)

domestic products. Developing smart agriculture is an important part of China's high-quality agricultural development strategy during the 14<sup>th</sup> Five Year Plan period and even to 2035. In view of the problems, such as the fragmentation of farmland plot, the low level of agricultural mechanization, the weak rural infrastructure, the insufficient effective supply of smart agricultural technology, and the imperfect policy system and market mechanism, the development of future smart agriculture urgently needs to focus on technology research, application demonstration, policy experiment and social experiment together.

**Key words:** smart agriculture; agricultural sensor; agricultural remote sensing; agricultural big data; intelligent decision; intelligent equipment; status and prospect

随着第四次工业革命的快速发展,信息科学技术和多领域科学技术深度融合,诱发新的产业技术革命<sup>[1]</sup>。新一代信息科技与农业的深度融合发展,孕育了第三次农业绿色革命——农业的数字革命,使农业进入了网络化、数字化、智能化发展的新时代<sup>[2]</sup>。在农业数字革命的推动下,世界农业产生了两大变革:一是产生了以智慧农业为代表的新型农业生产方式,让农业生产更加“智慧”、更加“聪明”;二是促进了农业数字经济发展,激活了“数据要素”的价值潜能,赋能数字农业农村新发展。已有研究表明,智慧农业是以信息、知识与装备为核心要素的现代农业生产方式,是现代农业科技竞争的制高点,也是现代农业发展的重要方向。针对现有研究关于智慧农业科学内涵阐释不深刻、国内外智慧农业前沿科技动态把握不全面、未来我国智慧农业发展政策针对性不强等问题,本文拟从系统工程角度对智慧农业内涵进行理论阐释,进一步结合文献深度剖析国内外智慧农业核心关键技术前沿进展,提出未来智慧农业发展的总体布局,为今后一段时期我国智慧农业发展提供方向性指导。

## 1 智慧农业的内涵与特征

### 1.1 智慧农业的内涵

1.1.1 智慧农业的概念 迄今为止,学术界尚未对智慧农业作出一个确切的定义,一般根据智慧农业的实质内容或应用场景,将其描述为以信息和知识为核心要素,通过现代信息技术和智能装备等与农业深度跨界融合,实现农业生产全过程的信息感知、定量决策、智能控制、精准投入、个性化服务的全新农业生产方式,并且认为智慧农业是农业信息化发展从数字化到网络化再到智能化的高级阶段。

1.1.2 智慧农业相关名词 目前,学术界的理论探讨中,出现了许多与智慧农业类似或关联的名词术语,如精准农业、数字农业、智能农业等,这些不同

的名词概念强调或侧重点有所不同。学者普遍认为,智慧农业强调的是通过综合运用智能技术,提高人类对农业系统综合管控的能力<sup>[3-5]</sup>;智能农业强调的是通过在机器上运用各类电子技术和控制技术,提高机器装备对农业各环节的智能化操控水平<sup>[6-7]</sup>;数字农业是通过将农业全要素、全系统、全过程数字化,进而实现农业科学决策和数字化管理<sup>[8-12]</sup>;精准农业强调的是基于农业动植物和空间环境等信息的变化而采取的精细投入管理<sup>[13-15]</sup>。笔者认为,虽然这些名词的含义和侧重点不同,但信息和知识要素的本质没有改变,只是智能化的程度有所差异,随着技术的不断发展,终将走向智慧农业的目标。

1.1.3 从系统工程的角度理解智慧农业 早在1958年,毛泽东同志曾提出“农业八字宪法”(土、肥、水、种、密、保、管、工),这一论断深刻阐释了农业生产的系统性、复杂性。智慧农业作为农业生产的重要体现,也兼具系统工程的特点:一是智慧农业由数据、知识、模型、软件、硬件等要素相互作用、相互依赖的若干部分结合而成;二是智慧农业具有明显的结构功能特性,无论是智慧种植、智慧养殖、还是智慧加工物流,智慧农业均由“信息获取-智能决策-精准作业-个性服务”四大部分组成,且最终目标均在于追求高质量、高效率、高效能、方便快捷和人性化;三是智慧农业具有“1+1>2”的特点,即农业生产全产业链的智慧化管理效果大于产业链单环节的智慧管理效果,因此,智慧农业要全链条实施;四是智慧农业是一个复杂的系统工程,智慧农业在应用与发展上充分体现了学科交叉融合的特点,而不是信息科学技术的简单应用和堆砌,在学理性问题上,不仅要融合农业科学、信息科学和工程科学等相关学科的基本原理、理论和方法,还必须处理好技术、经济、社会、管理、环境和政策等多要素的集成优化,这也是决定智慧农业实施效果的重要方面。

## 1.2 智慧农业的特征

1.2.1 智慧农业具备先进的生产力特征 从系统工程的角度,可以将智慧农业理解为先进生产力要素组合后导致农业生产方式的变革。结合智慧农业技术特点与应用场景,智慧农业作为先进的生产力融合了三大生产力要素:一是农业生物技术(Biotechnology, BT),这是智慧农业的技术基础;二是农业信息技术(Information technology, IT),即主要依赖先进的信息科技增加人的智慧、提升农业装备的智能化水平,为农业赋能;三是农业智能化装备(Intelligent equipment, IE),主要是辅助或替代人工操作,减少生产经营者的劳动强度。智慧农业技术是直接的生产力,通过与农业各生产力要素(农业生产者、农业生产工具、农业生产对象)渗透融合,起到生产力“倍增器”的作用,可以大幅度提高农业劳动生产率。智慧农业也是未来最活跃的农业生产力,互联网、农业人工智能、农业大数据、区块链等技术,将提升农业生产者决策和管理行为的智能化水平;农业传感器、农业机器人、农业智能装备等技术将实现传统农业生产工具的转型升级;数字化技术将使我们更加清晰地认识和把握农业生产对象及其与各生产要素、环境要素、技术措施等的相互作用关系。

1.2.2 智慧农业的经济特征 数字经济已经成为当今世界经济发展的主要驱动力,2020年我国数字经济规模达到39.2万亿元,占GDP的38.6%<sup>[16]</sup>。据中国信息通信研究院数据,预计2035年中国数字经济规模将达150万亿元,占GDP的55%,达到发达国家平均水平。智慧农业可以创造数字经济,澳大利亚The Yield公司利用大数据和人工智能技术为养殖场提供精准信息服务,年产值近5亿美元。2020年我国农产品网络零售额达到6107亿元,农业数字经济总量达到6920亿元,预计2025年我国农业数字经济规模将达到1.26万亿元。新发展格局下,利用信息技术大力发展智慧农业,通过构建农业新业态,发展农村新兴产业,不仅有利于缩小城乡数字和经济鸿沟,同时更孕育着巨大规模的农业数字经济发展潜力。

## 2 国外智慧农业布局、发展现状与趋势

近10年来,美国、英国、德国、加拿大、日本、韩国等农业发达国家高度关注智慧农业的发展,从国家层面进行战略部署,积极推进农业物联网、农业传感器、农业大数据、农业机器人、农业区块链等智

慧农业关键技术的创新发展。2015年,加拿大联邦政府预测与策划组织发布了《MetaScan3:新兴技术与相关信息图》,指出土壤与作物感应器(传感器)、家畜生物识别技术、农业机器人在未来5~10年将颠覆传统农业生产方式。2015年,日本启动了“基于智能机械+智能IT的下一代农林水产业创造技术”项目,核心内容是“信息化技术+智能化装备”。2017年,欧洲农机工业学会提出了“农业4.0(Farming4.0)”计划,强调智慧农业是未来欧洲农业发展的方向。2018年,美国科学院、美国工程院和美国医学科学院联合发布《面向2030年的食品和农业科学突破》报告,重点突出了传感器、数据科学、人工智能、区块链等技术发展方向,积极推进农业与食品信息化<sup>[17]</sup>。美国国家科学技术委员会(National science and technology council, NSTC)在“国家人工智能研发战略计划”中,将农业作为人工智能优先应用发展的第10个领域,资助农业人工智能科技的中长期研发;美国农业部“2018—2022年战略规划”中,突出了农业人工智能、自动化与遥感技术的应用。根据国际咨询机构Research and Markets分析,2019年全球智慧农业市值167亿美元,2027年将达到292亿美元,2021—2027年全球智慧农业市值年复合增长率(Compound annual growth rate, CAGR)将达到9.7%<sup>[18]</sup>。目前,国际上以美国为代表的大田智慧农业、以德国为代表的智慧养殖业、以荷兰为代表的智能温室生产以及以日本为代表的小型智能装备业均取得巨大进步,形成了相对成熟的技术和产品,而且还形成了商业化的发展模式,为我国发展智慧农业提供了可借鉴的经验。

### 2.1 农业传感器

传感器作为智慧农业的信息之源,在推动智慧农业发展中具有举足轻重的作用。目前,农业传感器主要包括农业环境信息传感器、动植物生命信息传感器、农产品品质与安全信息传感器、农机工况与作业传感器等。近年来,农业传感器新原理、新技术、新材料和新工艺不断突破,已由简单的物理量传感走向化学、生物信息的快速感知,纳米等新材料技术的发展使得传感器向着微型化、智能化、多样化的趋势发展。如美国正在发展利用激光诱导光谱技术测量土壤养分和重金属含量,利用微纳米技术研制可进入动植物生命体新陈代谢循环系统中的传感器等。总体判断,美国、德国、日本等国家在农业传感器领域处于领先地位,垄断了感知元器件、高端农业环境传感器、动植物生命信息传感器、

农产品品质在线检测设备等相关技术产品。未来 5~10 年,研发准确、精密、便携的传感器和生物传感器将是各国农业传感器创新发展的重点领域。这类传感器不仅可以实现一次连续监测多个环境和动植物生命信息的特征参数,也可以对环境、生物及非生物胁迫等进行持续监测,具备在植物和动物发病之前检测疾病的能力,有助于实现各种食品和农业学科相关指标的快速检测和监测。比如,柔性纳米传感器能够简单便捷地贴附安装于动植物组织不规则表面进行信息的精准监测;微纳米尺度的传感器可植入动植物等生物体内,并进入生命体新陈代谢的循环系统中,实时监测动植物生命体的生物信息;纳米传感器阵列具有多功能探测与分析能力,匹配强大的数据处理、存储与分析能力以及传感网络,具备复杂数据远程分析处理能力,能够让监测结果更加精准。

## 2.2 农业大数据智能

国际上通过图像识别、机器学习等技术,将农业领域大量结构化和非结构化数据(天气、土壤、动植物生长发育、市场数据、社交媒体等)转化为知识,并提供智能决策,实现部分或全部替代人工决策,在节省时间、增加安全性的同时减少潜在的人为错误,大幅度提高决策的科学性和准确性<sup>[19]</sup>。得益于强有力的基础研究水平和能力,美国、荷兰、以色列、日本等国家在农业数字模型与模拟、农业认知计算与农业知识发现、农业可视交互服务引擎等技术、算法、模型等方向处于国际领先地位。如美国位于新泽西州的纽瓦克垂直农场,利用大数据技术分析温度、湿度、二氧化碳及作物长势信息,与传统农场相比,每 0.093 m<sup>2</sup> 用水减少 95%、肥料减少 50%,农药零投入,年产量高出 390 倍;意大利 Tuscia 大学利用大数据技术和人工智能技术,加快气候适应性植物的育种研究,或将重塑未来农场。综合判断,未来大数据驱动的知识决策替代人工经验决策、知识决策主导的智能控制替代简单的时序控制,从育种到产品销售的整个农业产业链将得以广泛应用。

## 2.3 农业智能装备

美国、德国、英国、日本等国家的农业智能装备研究与应用发展迅速,主要农业生产作业环节(包括果蔬嫁接、移栽、施药、采摘,畜禽饲喂、清粪、奶牛挤奶,农产品在线分级、标识、包装等)已经或正在实现“机器换人”或“无人作业”,大幅度提高了劳动生产效率和农业资源利用效率。如美国 Abundant Robotics 公司开发的苹果采摘机

器人,可准确识别成熟的苹果并且可以以 1 个/s 的平均采摘速度连续工作 24 h;瑞士 EcoRobotix 公司开发的田间除草机器人,可以准确识别杂草并通过机械手臂对杂草进行除草剂喷洒,农药使用量可降低 20 倍,农业相关成本节约 30%;爱尔兰 MagGrow 公司开发的农药喷洒机器人使用永久性稀土磁体产生电磁荷,可解决农药漂移问题,农药的使用量减少了 65%~75%<sup>[20]</sup>。

# 3 我国智慧农业发展现状与问题

## 3.1 我国智慧农业发展现状

3.1.1 高度重视智慧农业的发展 近 10 年的“中央一号文件”中,每年均强调了信息科技助力农业农村现代化的内容。2020 年“中央一号文件”提出,要加快物联网、大数据、区块链、人工智能、第五代移动通信网络(5G)、智慧气象等在农业领域的应用,同时明确实施数字乡村试点工程。2021 年“中央一号文件”指出,“推动农村千兆光网、第五代移动通信(5G)、移动物联网与城市同步规划建设;发展智慧农业,建立农业农村大数据体系,推动新一代信息技术与农业生产经营深度融合”。此外,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》中提出,“加强大中型、智能化、复合型农业机械研发应用”“完善农业科技创新体系,创新农技推广服务方式,建设智慧农业”。

3.1.2 农村信息化促进了智慧农业的发展 目前,我国互联网和 4G 村级覆盖率达 98% 以上。根据中国互联网络信息中心(CNNIC)第 48 次《中国互联网络发展状况统计报告》,截至 2021 年 6 月,我国网民规模达 10.11 亿,农村网民规模达 2.97 亿,农村地区互联网普及率为 59.2%,较 2020 年 12 月提升了 3.3 个百分点,城乡互联网普及率差距进一步缩小至 19.1 个百分点。根据农业农村部信息中心的报告,2019 年全国县域数字农业农村发展总体水平达 36.0%,其中,东部地区为 41.3%、中部地区为 36.8%、西部地区为 31.0%;我国 2019 年农业生产数字化水平总体上达到 23.8%,其中,作物种植信息化水平为 17.5%、设施栽培信息化水平为 41.0%、畜禽养殖信息化水平为 32.8%、水产养殖信息化水平为 16.4%。

3.1.3 农业规模化经营为智慧农业发展创造了条件 根据第 3 次全国农业普查,2016 年耕地规模化占比为 28.6%,而生猪、家禽养殖规模化占比分别为 62.9% 和 73.9%。目前,我国土地流转占比

40%以上,农民专业合作社、家庭农场、龙头企业的数量达300万家以上,为智慧农业发展提供了载体和需求的驱动力。

**3.1.4 智慧农业技术创新取得明显进步** 对中国知网数据库和 Web of Sciences 数据库 2008—2018 年发表的文献检索表明,智慧农业技术研究活跃程度(相关学术论文数量)排名前5的国家依次为:美国、中国、巴西、西班牙、德国,研究的热点聚焦在农业传感器、农业大数据与人工智能、农业智能控制和农业机器人等方向。近年来,我国智慧农业技术取得长足进步,主要表现在:1)一般性环境类农业传感器(光、温、水、气)基本实现国内生产;2)农业遥感技术广泛应用于农情监测、估产以及灾害量化评估定级;3)农业无人机应用技术达到国际领先,广泛用于农业信息获取、病虫害精准防控;4)肥水一体化技术、测深精准施肥技术、智能灌溉技术、精准施药技术广泛应用于规模化生产;5)农机北斗导航在农业耕种管收全程得到广泛应用,自主产权技术产品成为市场主导,对国外产品实现了全替代;6)设施园艺超大型智能温室技术、植物工厂技术等也取得了很大进步,基本上可以实现自主技术自主生产。此外,我国在农业大数据技术和农业人工智能应用以及大数据挖掘、智能算法、知识图谱、知识模型决策等方面也进行了广泛的研究。

**3.1.5 智慧农业技术在全国范围内均得到初步应用** 在东北、西北、黄淮海平原等大田生产领域,通过广泛应用遥感监测、专家决策系统和农机北斗导航作业等技术,实现大田精准作业。在设施养殖领域,主要应用包括动物舍环境监测、动物个体形态与行为识别、精细饲喂、疫病防控等,特别是近年来,非洲猪瘟大范围发生后,高度智能化的楼房养猪发展迅速;此外,我国南方的智慧水产养殖发展也很快。在设施园艺领域,目前所有的现代玻璃温室和40%的日光温室采用了环境监测、水肥一体化技术;设施食用菌产业也广泛应用了信息技术进行产量和品质的控制。在农业农村信息服务领域,通过机器学习、时空大数据挖掘、知识图谱构建,语音智能识别等技术的应用,实现个性化精准服务。

## 3.2 我国智慧农业发展的特点与问题

### 3.2.1 我国农田地块规模小、耕地细碎化问题突出

美国的农场规模平均 200 hm<sup>2</sup> 以上,平均每个农民经营面积超过 113 hm<sup>2</sup>,欧盟国家农场面积大于 20 hm<sup>2</sup> 的占 82%,农场面积为 100 hm<sup>2</sup> 的占 52%。而我国农田地块小,碎片化程度高,经营面积 3.4 hm<sup>2</sup> 以下的小农户占比 95% 以上,而耕地面积却占我国

总耕地面积的 80% 以上,小农、小地块的农业生产经营方式导致我国智慧农业技术投入的边际效益低、经营主体应用积极性不高。

**3.2.2 我国农业机械化水平比较低** 实施智慧农业离不开农机装备支撑。近年来我国加大力度支持和推广全程、全面机械化,2020 年底我国主要粮食作物耕种收综合机械化率达到了 71%,丘陵山区农作物耕种收综合机械化率为 49%,设施园艺综合机械化率为 32%,畜牧养殖机械化率为 35%,水产养殖机械化率为 30%。然而,受农机产品需求多样化、机具作业环境复杂等因素影响,我国目前的农机化和农机装备的智能化水平与发达国家相比仍有 10~20 个百分点的差距,尤其是部分农机装备的农机农艺结合不够紧密等因素制约了我国智慧农业的大规模发展。

**3.2.3 农村基础设施薄弱** 农村宽带网络虽然已经覆盖到村,但到农户的比例低,且到农业园区的少;4G 网络信号不稳定、5G 基站少、通讯费用高等问题限制了农业生产基地信息化产品的应用;农村信息采集终端应用少、物联网基础设施薄弱,以及农田气象、耕地质量、土壤墒情、水文等监测点偏少;缺乏专业的信息化设备运维队伍,使得农业生产经营主体获取信息难且成本高。

**3.2.4 智慧农业技术有效供给不足** 智慧农业技术有很多,但由于缺乏基础研究和技术创新、缺乏核心的农业传感器和智能决策的算法模型以及高端农业智能装备,不能满足实施智慧农业的需求。其中,农业智能控制与农业机器人关键技术及核心零部件(如国际标准总线、负载动力换挡、无级变速、视觉系统及识别算法、精密伺服电机、多自由度关节、柔性执行器件等)远落后于美国、德国、日本等发达国家,是目前我国智慧农业最薄弱的环节。在传感器方面,尽管我国农业环境信息传感器和仪器仪表的国内市场占有量超过进口产品,但在精度、稳定性、可靠性等方面与国外产品差距巨大,核心感知元器件主要依赖进口,高端产品几乎全部依赖进口。缺乏针对我国农户和小地块的技术,难以满足我国广大小农户的需求。此外,农业的生态多样性,对技术与应用模式也是多样的,但对于研发主体,投入大量资金研发后,却不能像工业技术产品一样大规模复制推广,效益低,导致企业研发主体不愿意也不敢投入。

**3.2.5 政策与机制问题** 政府投入力度不够,无论是对于技术研发主体还是生产经营应用主体,缺乏广泛的优惠政策支持。企业税收高,人力成本高,应

用、运维成本高,对于高新技术申请政府补贴程序复杂、通道不畅。以上这些均在某种程度上影响了我国智慧农业快速发展。

## 4 对我国智慧农业的展望

当前,我国正处于向第 2 个百年奋斗目标迈进的历史关口,大力发展智慧农业,对变革传统农业生产方式,大幅度提高农业资源利用率和生产效率,实现农业高质量发展具有重要作用,对“全面推进乡村振兴,加快农业农村现代化”具有重大意义。2018 年 9 月 25 日,习近平总书记在黑龙江农垦建三江国家农业科技园区考察时指出,要“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”<sup>[21]</sup>。作为“十四五”时期乃至 2035 年我国推动农业高质量发展的重要建设内容,发展智慧农业正面临良好的机遇。纵观我国农业发展方式转变历程,我国农业在经历了人力和畜力为主的传统农业(农业 1.0)、生物-化学农业(农业 2.0)、机械化农业(农业 3.0)之后,正在大步迈入智慧农业(农业 4.0)的新时代。在新发展格局下,积极应对更加严峻的人口、资源、环境与市场的多重约束,探寻通过现代信息技术大幅度提高农业劳动生产率、资源利用率和土地产出率的中国特色智慧农业发展道路,既是新时代“三农”工作的重点,也是建设社会主义现代化强国的客观要求。

### 4.1 未来我国智慧农业发展目标

以提高主要农业产业的劳动生产率、资源利用率和土地产出率为目标,重点突破农业传感器、农业大数据和人工智能、农业智能控制与农业机器人等智慧农业关键核心技术和产品,实现技术产品自主化;集成建立“信息感知、定量决策、智能控制、精准投入、个性化服务”的智慧农业产业技术体系,建成智慧农(牧、渔)场,建立农产品智慧供应链,实现农业生产智能化、管理数字化、服务网络化,农产品流通智慧化、农业农村信息服务个性化,推进知识替代经验、机器替代人工,培育农业智能装备、农业信息服务、农产品可信流通等新兴产业。到 2025 年,智慧农业实现跨越发展,农业生产数字化水平由目前的 20% 提高到 40%,农业数字经济占农业 GDP 比例由目前的 8% 提高到 15%,为实施乡村振兴战略、实现农业农村现代化提供强有力的科技支撑。

### 4.2 未来智慧农业重点任务

4.2.1 攻克农业高精度专用传感器 重点研究以光学、电化学、电磁学、超声、图像等方法为基础的农业传感新机理,研发敏感器件、光电转换、微弱信

号处理等核心零部件,研制一批高精度农业传感器,打破国外技术产品垄断。

4.2.2 研制农业智能测控终端 重点研发基于芯片的可进行边缘计算的高端智能终端,农情田间调查、农田巡检、农机作业质量监控、设施种养(设施畜禽、设施果蔬、设施水产)环境监控、冷链储运环境监控等低成本智能测控终端,加速技术产品替代国外同类产品的进程。

4.2.3 研发高端智能农机装备 突破场景感知技术,研制负载动力换挡、无级变速、支持高效作业的柔性执行器件和智能操控系统,研制大马力自主驾驶拖拉机、机械除草机器人、大载荷无人植保机、农产品分拣分级机器人、农产品冷库装卸机器人、授粉机器人、畜舍巡检作业机器人等。

4.2.4 构建主要农业产业大数据云平台 重点突破农业知识图谱构建、虚拟现实、农业协同决策、数字孪生、农业大数据云服务等核心关键技术,促进大数据和农业深度融合<sup>[22-23]</sup>。

4.2.5 建设智慧农(牧、渔、林)场 重点突破农业无人自主系统复杂工况感知、智能决策、任务与路径规划、多机协同智能控制、自主作业装备等核心技术,建设无人化或少人化的智慧农场。

4.2.6 构建主要农产品智慧供应链系统 重点突破智慧冷链数据深度感知、保质储运智能化和可信区块链技术,开发农产品供应链需求智能匹配系统、保质储运智能调控系统、质量安全区块链追溯系统、农产品供应链区块链信用评价系统和冷链物流智慧监管服务平台,助力农业数字经济发展<sup>[24-25]</sup>。

### 4.3 智慧农业发展的政策建议

1) 要统筹各类政府资源,加强政府支持,突破重点核心技术,实现自立自强;围绕重点领域、重点产业实施一批智慧农业重大项目工程,总结可复制、可推广的模式与经验;2) 制定相关补贴政策,对智慧农业技术产品研发和应用主体给予政策性补贴,减免以智慧农业为核心业务的企业税收,减免农村地区互联网接入和数据传输通讯费用;3) 加强技术标准建设与数据资源共享,尤其要重点加强数据标准、产品标准、市场准入标准等标准的制定,对于进入国内市场的外国企业产品,要求其提供数据接口标准,同时建立国家认可的第三方检测平台。此外,政府部门要在一定范围内开放农业数据,建立共享机制。

### 参考文献:

- [1] 吕文晶,陈劲,刘进.第四次工业革命与人工智能创新[J].高等工程教育研究,2018(3):63-70.

- [2] 赵春江. 智慧农业发展现状及战略目标研究[J]. 智慧农业, 2019, 1(1): 1-7.
- [3] 赵春江, 李瑾, 冯献. 面向 2035 年智慧农业发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 1-9.
- [4] 赵敏娟. 智慧农业的经济学解释与突破路径[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(24): 70-78.
- [5] 周国民. 浅议智慧农业[J]. 农业网络信息, 2009(10): 5-7.
- [6] COLAO A F, RICETTI J, BRAMLEY R, et al. How will the next-generation of sensor-based decision systems look in the context of intelligent agriculture? A case-study[J]. Field Crops Research, 2021, 270(6): 108-205.
- [7] 陈一飞. 智能农业: “十二五”期间我国农业科技进展前瞻[J]. 中国农业科技导报, 2010, 12(6): 1-4.
- [8] 阮俊虎, 刘天军, 冯晓春, 等. 数字农业运营管理: 关键问题、理论方法与示范工程[J]. 管理世界, 2020, 36(8): 222-233.
- [9] 钟文晶, 罗必良, 谢琳. 数字农业发展的国际经验及其启示[J]. 改革, 2021(5): 64-75.
- [10] 承继成, 易善楨. 数字农业: 数字地球的应用之一[J]. 地球信息科学, 2000(1): 15-19.
- [11] PRAUSE L. Digital agriculture and labor: A few challenges for social sustainability[J]. Sustainability, 2021, 13(11): 5980.
- [12] 李树君, 方宪法, 南国良, 等. 数字农业工程技术体系及其发展[J]. 农业机械学报, 2003, 34(5): 157-160.
- [13] 赵春江. 对我国未来精准农业发展的思考[J]. 农业网络信息, 2010(4): 5-8.
- [14] CASSMAN K G. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1999, 96(11): 5952-5959.
- [15] MULLA D J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps[J]. Biosystems Engineering, 2013, 114(4): 358-371.
- [16] 中国信息通信研究院. 2021 年中国数字经济发展白皮书[M]. 北京: 中国信息通信研究院, 2021.
- [17] 宋超, 孙胜凯, 陈进东, 等. 世界主要国家工程科技重大计划与前沿问题综述[J]. 中国工程科学, 2017, 19(1): 4-12.
- [18] Research and Markets. Smart agriculture market by type, and component: Global opportunity analysis and industry forecast, 2021—2027 [R/OL]. (2020-09-10)[2021-08-20]. <https://www.researchandmarkets.com/reports/5214894/smart-agriculture-market-by-type-and-component#rela2-5349308>
- [19] 孙九林, 李灯华, 许世卫, 等. 农业大数据与信息化基础设施发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 10-18.
- [20] MOYSIADIS V, SARIGIANNIDIS P, VITSAS V, et al. Smart farming in Europe[J]. Computer Science Review, 2021, 39: 100345.
- [21] 新华社. 习近平在东北三省考察并主持召开深入推进东北振兴座谈会[A/OL]. (2018-09-28) [2021-08-10]. [http://www.gov.cn/xinwen/2018-09/28/content\\_5326563.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2018-09/28/content_5326563.htm).
- [22] 马晨, 李瑾, 张骞, 等. 农业软件产业发展的现实格局与路径选择[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 19-29.
- [23] 赵春江, 郭新宇, 肖博祥. 玉米数字化可视化技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- [24] 韩佳伟, 李佳铨, 任青山, 等. 农产品智慧物流发展研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 30-36.
- [25] 杨天阳, 田长青, 刘树森. 生鲜农产品冷链储运技术装备发展研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 37-44.



赵春江, 中国工程院院士, 农业信息技术专家, 中国人工智能学会会士, 中国计算机学会会士。现任国家农业信息化工程技术研究中心主任, 国家农业智能装备工程技术研究中心首席专家, 农产品质量安全追溯技术国家工程实验室主任, 国家新一代人工智能战略咨询委员会委员, 中国人工智能学会副理事长、中国农机学会副理事长、中国农业工程学会副理事长。

长期从事现代信息技术与农业融合应用研究。先后担任国家 863 计划现代农业领域数字农业与装备技术主题专家、国家 863 计划信息技术领域“智能化农业信息技术应用示范工程”项目技术总体专家组组长, 牵头实施了我国 863 计划“电脑农业”“数字农业”“精准农业”等专项研究。在农业智能系统决策平台、数字农业天空地信息获取关键技术、精准农业农机北斗导航控制与智能作业装备、智慧农业温室测控物联网、农业大数据云服务平台等方面取得创新成果, 并在全国得到广泛应用。获得国家(国际)专利近 100 件, 发表学术论文 200 多篇, 出版著作 10 余部。先后获国家科技进步二等奖 4 项, 国家 863 计划突出贡献奖、国家 973 计划先进个人和全国杰出专业技术人才、全国农业科技先进工作者、全国优秀科技工作者、中华农业英才奖、农业部农业科研杰出人才等荣誉称号。

【责任编辑 周志红】