

# 关于智慧农业的理论思考： 发展模式、潜在问题与推进策略

刘长全

(中国社会科学院农村发展研究所,北京 100732)

**摘要:**我国智慧农业主要表现为农业企业自主型、加工流通企业带动型、专业化服务企业主导型、数字化农机企业主导型和农技推广体系依托型五类发展模式,不同模式协同发展构成广覆盖、多层次的智慧农业体系。在要素配置上,智慧农业可以促进农业生产方式与要素供给关系的匹配,促进产出增长与环境可持续发展的协同;在组织结构上,智慧农业促使更多主体参与到农业分工合作网络中并实现更紧密合作,促进创新体系与农业产业的融合;在产业绩效上,智慧农业可以促进农业效率提升、产出增长及农产品价值与功能的提升。目前,智慧农业面临传统农户与现代生产方式、数据价值显性化与数据利用专业化、低增值与高投资等矛盾而导致的不均衡发展问题。为加快智慧农业发展,应推动智慧农业技术的创新和供给;分类施策,促进不同智慧模式协同发展;依托智慧农业,加快农业生产体系、产业体系、经营体系现代化建设;加强数字标准建设和数字安全治理。

**关键词:**智慧农业;发展模式;资源配置;包容性;组织结构

**中图分类号:**F323

**文献标识码:**A

**文章编号:**1007-7685(2023)08-0063-08

**DOI:**10.16528/j.cnki.22-1054/f.202308063

近年来,智慧农业在我国快速发展,推动其发展的除现代信息技术、物联网技术等快速发展的技术供给因素外,更多地在于我国农业资源禀赋变化及由此产生的农业生产方式、生产关系转变的内在要求。在农业劳动力成本较高与竞争力偏低的背景下,智慧农业通过各类智能装备与智能技术在农业中的应用,解决了减少劳动投入与提高管理水平的矛盾;在资源环境约束趋紧的情况下,智慧农业通过对水土资源的集约利用、对化肥农药的精准施用,兼顾了农业增产与环境可持续双重目标。同时,国内关于智慧农业的理论研究也快速发展,包括对智慧农业发展现状<sup>[1]</sup>、面临问题<sup>[2-3]</sup>、发展路径<sup>[4]</sup>等做了大量讨论,对智慧农业的微观逻辑<sup>[5]</sup>、智慧农业与农村经济的融合模式<sup>[6]</sup>等也做了研究。但现有研究对我国智慧农业发展模式、智慧农业对农业现代化的作用机制仍缺少系统总结,对农户是否能普遍参与智慧农业存在疑问,对智慧农业可能存在的风险和问题缺乏理论探讨。本文试图对这些问题展开分析进而丰富现有研究。

## 一、智慧农业的特征、发展模式与农户参与

智慧农业以数据为核心要素,具有多主体、多层次的网络化结构。不同类型智慧农业模式协同发展可以构成广覆盖、多层次的智慧农业体系,带动农户普遍参与智慧农业生产经营。

**作者简介:**刘长全,中国社会科学院农村发展研究所研究员。

### (一)智慧农业的基本特征

智慧农业被认为是重要的颠覆性农业技术之一,但目前对智慧农业的概念和内涵并没有统一的界定。李道亮<sup>[7]</sup>认为,智慧农业是以农业全链条、全产业、全过程智能化的泛在化为特征,以全面感知、可靠传输和智能处理等物联网技术为支撑和手段,以自动化生产、最优化控制、智能化管理、系统化物流和电子化交易为主要生产方式的高产、高效、低耗、优质、生态和安全的现代农业发展模式与形态。赵春江<sup>[8]</sup>认为,智慧农业是以信息和知识为核心要素,通过将互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能等现代信息技术与农业深度融合,实现农业信息感知、定量决策、智能控制、精准投入、个性化服务的全新的农业生产方式。其他学者对智慧农业的界定也普遍强调以数据为关键生产要素,以及精确管理、智能控制等内容<sup>[2,9-11]</sup>。综合现有研究,本文认为智慧农业是互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能、智能机械等现代信息技术和数字技术装备与农业生产、经营、管理、销售、服务全过程深度融合,通过广泛的信息采集、智能决策与自动控制,实现以数据为核心要素的智能化、精准化、集约化发展的农业形态。概括看,智慧农业有如下特征:

第一,信息技术广泛应用,数据成为关键生产要素。智慧农业在广泛感知、采集、生产、经营及环境等各类数据的基础上,基于数据和人工智能、云计算技术实现智能决策、自动控制。在此过程中,数据成为资源并转变为关键生产要素。一直以来,气候、土壤、作物生长状况等与传统农业投入共同影响农业产出的因素以信息(如生产者的经验、感觉、判断)的形式进入生产决策,因此,不是在智慧农业模式下信息才成为生产要素。但是,智慧农业使这些零碎、模糊、主观、局部、非标准化的信息转变为更加完备、精准、动态、标准化、可编码、可流动的数据,这些数据借助农业模型、云计算和自动化技术等参与到农业生产决策与管理过程中,使农业生产决策和其他传统农业投入都更加精准、农业生产管理过程更加自动化,数据才真正成为农业生产的关键要素。从发展来看,智慧农业所形成和利用的数据包括生产过程管理数据、农业资源数据、农业生态环境数据、农产品与食品安全数据、农业装备与设施监控数据、各种科研活动产生的数据等。<sup>[12]</sup>

第二,贯穿农业产业链全过程。农业生产的智慧化是智慧农业的基础,但智慧农业不局限于此。数据作为生产要素不仅使远程监测、远程控制成为可能,还将智慧农业产业链中的生产、管理、市场、研发创新等连接成为有机的整体。消费者能更透明地掌握产品信息和产品生产过程,甚至通过个性化定制参与到生产管理过程中;生产、加工、流通、消费等各个环节的数据都成为创新的重要依据,不但促进更优的品种开发、更智能的装备研发,而且品种、装备、工艺与需求等可以实现更紧密地衔接和匹配。因此,发展贯穿全产业链的智慧农业是充分发挥农业产业链潜能的必然要求。正如美国国家科学院等机构在《2030年促进食物与农业研究的科学突破》报告中强调的,农业系统是复杂的巨大系统,已经很难再依靠“点”上的技术突破实现整体提升,整体思维和系统认知分析技术已成为实现农业科技突破的首要前提。

第三,具有多主体、多层次的网络化结构。贯穿农业产业链的智慧农业由不同的子系统组成,包括智慧生产、智慧流通、智慧销售、智慧社区、智慧组织及智慧管理等,<sup>[7]</sup>其中的智慧生产子系统又涉及设施、农情、植保、灌溉等不同环节。在智慧农业体系中,除了生产者、消费者外,还会有各个环节和子系统的生产服务者及品种、装备等的研发者参与其中,形成多主体参与、多层次分工协作的网络化结构。

### (二)智慧农业主要实现模式与差异

从智慧农业概念与特征可看出,智慧农业是产业链、价值链、供应链和数据链(以下简称“四链”)有机协同的系统,其核心是散落在产业链、价值链与供应链(以下简称“三链”)上的各类数据及其他环境数据被广泛收集,并基于这些数据与数据模型、云计算技术、自动化装备等实现农业的智能化决策与自动化管理,“四链”上与数据产生、收集、使用等相关的各类主体的构成和分工协作关系是区分智慧农业实现模式的关键。据此,我国智慧农业形成了以下五种主要的基本实现模式:

第一,农业企业自主型智慧农业。通常是农业龙头企业或产加销一体化企业内部通过加强信息化技术的应用形成智慧农业体系。龙头企业与产加销一体化企业发展智慧农业,一方面是因为具有规模优势,有更强的投资能力和创新能力,根据技术供给、要素价格与资源条件变化做出反应的能力更强;另一方面是因为有更强的根据市场需求加强生产管理、优化产需匹配、提升要素效率的内在激励。

第二,加工流通企业带动型智慧农业。加工流通企业围绕产业链构建数字链,主要是在加强企业自身信息化和数字化服务能力的基础上,利用其在加工、流通等方面的优势,基于“加工企业+农户”“加工企业+合作社+农户”等组织模式,在订单农户生产中强化传感器、数字化农机等智能装备与技术的应用,强化智能决策的指导作用。

第三,专业化服务企业主导型智慧农业。专业化的社会化服务企业利用其在数字资源、农业数据模型、智能决策及生产服务能力等方面的优势,通过生产托管、作业服务或“订阅信息”方式,推动数据链向生产环节延伸,构建起以服务为纽带的智慧农业体系。生产托管与作业服务通常伴随着更多智能装备在生产环节的应用,生产环节原始数据的收集与智能决策和生产服务的输出形成互动,农户(更准确地说生产环节)是数据的产生者,服务企业是数据的收集者、使用者,最后农户成为输出的智能决策的应用者。“订阅信息”下,服务企业基于遥感数据等生成有关气候环境、作物生长、病虫害等信息报告,生产者通过信息化平台获取这些信息及相应的作业指导意见,农户成为智慧农业网络输出信息的接收者和应用者。

第四,数字化农机企业主导型智慧农业。传统农机企业通过数字化升级现有农机、创新推广新型智能农机、构建智慧决策与服务的云平台,形成广泛收集农业生产数据与提供精准作业、无人作业、智能化决策和管理服务的能力,并利用其用户基数大、分布广、服务网络健全等优势,迅速将传统的农机产供销服务体系转变为以智慧农机为载体的智慧化农业生产服务体系。在此过程中,实现企业从传统装备制造企业向现代高科技农业生产服务企业的转变。

第五,农技推广体系依托型智慧农业。通常是地方政府发挥农技推广体系专业技术人员资源和基层站点全面覆盖优势,利用智能化装备和遥感等数字化技术,加强对本区域作物生长、土壤养分、墒情、旱情、病虫害等的全面、动态监测,并基于这些数据通过云平台提供经智能决策优化的生产指导与技术服务信息。

除主体构成和主体间关系不同外,五类智慧农业实现模式间还存在以下差异:一是资源基础不同。从各类模式所依托的优势因素看,除农技推广体系依托型智慧农业以公共资源优势为基础,其他四类智慧农业模式都依托主导企业不同的优势和资源。二是数据链的形态不同。农业企业自主型与加工流通企业带动型智慧农业的数据链与所依托的“三链”一样,通常呈现纵向结构,而专业化服务企业主导型和数字化农机企业主导型智慧农业的数据链通常聚焦于“三链”的特定环节,呈横向结构。三是面向的需求与解决问题的深度不同。农业企业自主型与加工流通企业带动型智慧农业都是面向企业需求发展形成的智慧农业模式,这两种模式除要解决资源集约、效率提升问题外,更多是面向企业自身在发展过程中对多元化、质量提升、可追溯与企业社会责任等方面的需求。另外三种模式则更具有通用特征,主要面向基础性问题,以提高管理水平和生产效率、实现资源集约为主要目的,其中农技推广体系依托型智慧农业又主要提供最基本的具有公共产品性质的智慧化服务。从这个意义上说,五类智慧农业模式在不同层次上实现了农业的智慧化。

### (三)不同智慧农业模式下智慧农业体系的特点与农户参与方式

五类智慧农业模式中任何一个都无法同时实现既保障所有农户的参与机会,又满足所有异质化的智慧化发展需求。但由于存在以上差异,不同智慧农业模式的发展具有互补性、兼容性,可在协同发展过程中通过各自网络与功能的叠加来构建广覆盖、多层次的智慧农业体系,从而保障农户的普遍参与,满足各类智慧化发展需求。互补性指不同智慧农业模式的功能与定位互补。在智慧农业体系中,农技

推广体系依托型智慧农业重在以公共服务的形式满足大多数农户的基本共性需求;专业化服务企业主导型和数字化农机企业主导型智慧农业主要通过社会化服务的形式满足农户的共性专业化作业与服务需求;农业企业自主型与加工流通企业带动型智慧农业则通过企业内的自我服务或利益共同体内的定向服务,解决具有异质性的产业需求问题。兼容性指不同智慧农业模式所形成的网络在覆盖的产业活动、生产主体上可以叠加、相互包容。例如,农业企业自主型与加工流通企业带动型智慧农业网络中的企业与农户也可以同时利用另外三类智慧农业网络中的作业服务与信息资源,成为这三类智慧农业网络的一部分。广覆盖、多层次则是指所有农户都有可能融入智慧农业体系,并获得多层次的智慧化服务、实现多层次的智慧化水平。农户可以选择仅利用具有公共产品性质的来自农技推广体系依托型智慧农业的服务,在基础层次上实现生产的智慧化,或进一步融入其他智慧农业模式的网络,实现更高层次的智慧化。广覆盖也意味着不同模式协同发展的智慧农业体系具有促进农户普遍向数字化转型的包容性。

在不同智慧农业模式协同发展下构建的智慧农业体系中,农户参与的方式是多元的,可以是利用智能装备收集信息实现生产的智能化管理,或主动利用订单企业和社会化服务企业的数字化服务实现智慧化决策,也可以是非主动、不自觉地获取经过优化、智能决策的生产管理或市场销售等信息。也就是说,智慧农业对信息化技术的系统应用并不需要体系中每个农户都要部署完备的智能装备,都能熟练掌握和应用先进的信息化技术。

## 二、智慧农业对农业现代化的推动作用

智慧农业对农业现代化的推动作用可以从要素配置、组织结构与产业绩效三个维度去认识。

### (一) 促进要素配置优化

适宜的生产方式和生产技术以一定的要素供给和资源约束为条件,同时因后者的变化而变迁。信息技术供给与成本的变化改变了要素条件,在数据转变为关键生产要素的同时,必然发生数据要素对其他生产要素的替代及生产方式、生产技术的相应转变。同时,面对其他要素供给与资源约束的变化,以数据为关键要素的智慧农业技术也使农业生产方式与农业技术实现更优的变迁路径。

第一,通过智能装备对劳动投入的替代,智慧农业可以促进农业生产方式与要素供给关系的匹配。近年来,我国农业发展面临的突出变化是农业劳动供给减少和劳动成本大幅上升。2010—2021年,三大主粮平均雇工工价从60.7元/日增至139.7元/日,增长了130.1%;生猪、肉牛和肉鸡三畜种养殖平均雇工工价从49.6元/日增至120.5元/日,增长了142.9%。在此情况下,同时实现劳动节约与提高管理精度、管理水平成为农业生产方式转变、农业技术进步的主要方向,而智慧农业技术通过智能装备、信息技术的应用不仅可以实现对劳动的替代,还使对生产过程、生产环境的监测无时无刻不在、生产经营管理高度自动化,为破解双重目标之间的矛盾提供了可能。因此,智慧农业是劳动力高成本背景下农业现代化的必然选择。

第二,在资源环境约束趋紧的情况下,智慧农业可以促进产出增长与环境可持续的协同。自然资源与生态环境也是农业生产的投入要素。长期以来,我国农业与粮食产出的增长主要依靠化肥、农药的大量投入,导致农业生产与资源环境的关系紧张。近年来,随着我国环境标准不断完善和提高、环境规制执行越来越严格,农业生产与资源环境的紧张关系更加突出。但是,这种紧张关系并不是不可避免的。当前,高强度投入的化肥中相当一部分未能得到有效利用,反而进入环境中并导致污染;农药也因为使用方式、使用时间等各环节的不合理因素降低有效性,并加重了过量使用问题;农产品生产管理过程中农艺、农技、农时等方面配合问题导致的减产、产后收获流通与加工环节的损耗、产需不匹配导致的浪费等,降低了生产供给的有效性,间接加剧了农业生产与资源环境的紧张关系。智慧农业技术有助于破解这一系列问题,通过提高肥料、农药投入与作物生长需求、改善土壤环境、祛除病虫害疫情等的匹配,减少肥料和农药的无效投入及潜在影响;通过优化农艺、农技、农时的匹配及强化产后各环节的监测与管

理,减少产业链过程上的损耗;通过促进生产与消费的双向互动,提高供需匹配和供给的有效性。无效投入与损耗的减少及供需的更优匹配,意味着资源产出效率的提升,从而实现产出增长与环境可持续的协同。

## (二)推动组织结构升级

农业产业链是生产、服务、流通、加工等不同主体分工合作、不同活动交互协同的整体。但是,产业链上不同主体、不同活动的关系并不是确定和不变的。智慧农业是贯穿农业全产业链的网络,在借由数据要素改变生产方式与资源配置的同时,也对不同主体、不同活动之间的关系产生重要影响。

第一,智慧农业促使更多主体参与到农业分工合作网络。首先,智慧农业的发展必然伴随农业分工的深化,促使农业生产进一步服务化且社会化服务进一步分化。一方面,农业生产活动更多地由社会化服务完成;另一方面,除传统的机械作业和供销服务外,信息服务、数据分析与智能决策服务等各种新型服务主体都将参与农业分工,科技型人才、科技型服务企业都成为农业分工体系的重要组成部分。其次,智慧农业促使农业产业链进一步延伸。一方面,农业大数据的构建和完备有助于农业金融、保险的创新和发展;另一方面,智慧农业促进农业生产标准化与差异化的有机统一,标准化使产品质量更加透明、统一,差异化即产品种类、性状的差异和按需生产,标准化和差异化的统一有利于定制农业数字化新业态、新模式的发展,使直接联结供需的平台化农业企业成为农业分工网络的重要主体。

第二,智慧农业促使生产者与其他主体实现更紧密的合作。在生产者与流通企业、加工企业之间,从单纯的产品交易关系转为双向互动关系,生产者通过精准化的管理定向满足流通企业和加工企业对产品的需求,流通企业和加工企业对生产过程提供指导和实施监督。另外,由于数据积累存在的规模效应及智能装备投资存在的资产专用性,生产者与流通企业、加工企业之间也将趋于构建更加稳定的契约关系。在生产者与消费者之间,由消费者主要通过购买数量和价格变化的市场行为间接影响生产转变为消费者直接传递需求,也通过监督等直接参与到生产经营管理过程中。在生产者与社会化服务者之间,从简单的作业服务转变为更深入的生产指导服务,从一次性服务转变为连续性服务,社会化服务主体基于对作物生长与环境的持续监测为生产者提供动态变化、相机抉择的生产经营管理服务和指导。

第三,智慧农业促使创新体系与农业产业的融合。一方面,智慧农业具有大数据时代农业研发创新所需的重要资源。智慧农业促进了生产环境与动植物生长等各类数据的采集,甚至是具体到动植物个体全生命期的生长、疫病及环境影响的数据,这些数据为生产经营管理提供了依据,也为动植物育种、疫病防治、生长模型分析等提供了数据资源,使各领域基于大数据和人工智能的研究成为可能。另一方面,智慧农业需要利用创新活动解决其异质性问题。各种动植物及其生产过程都有各自的特点,而品种、环境、装备、需求等各种因素耦合才能实现产出的最优,这意味着同一种动植物的不同生产者、面向不同消费需求的生产活动都会有很大差别。智慧农业要实现生产经营的精准化、自动化和最优化,就必须从智能装备到决策模型等的研发和应用都面向这些异质性,那么研发创新就必须融入智慧农业创建过程中。智慧农业下,由于产业活动与创新活动的相互需求,农业创新体系与农业产业必然相互融合。

由于以上变化,智慧农业下农业产业中的不同主体、不同活动的关系将更加紧密,分工合作与交互协同更加高效。不同主体分工合作、不同活动交互协同的关系代表了农业产业的组织结构,因此智慧农业推动了农业产业的组织结构从低水平向高水平的演进。

## (三)加快产业绩效提升

智慧农业对资源配置和组织结构的作用最终带来农业绩效的提升,具体体现在三个层次。一是效率提升和科技贡献的增长。智能技术对劳动的替代将大幅提高劳动生产率。实际上,近年来劳动成本在三大主粮平均生产成本中占比呈下降趋势,下降的主要原因是规模经营和社会化服务等的发展促进劳动投入的减少,智慧农业的发展将进一步加快这一变化趋势。另外,由于智能技术对生产管理能力和水土资源精准化利用的促进作用,土地产出率和产出潜力都将得到提高,要素效率与潜力的普遍上涨意

意味着农业转向以科技为主要动力的内涵式增长。二是农业产出增长,重要农产品供给保障能力提升。在给定资源条件下,由于土地产出率的增长,农业产出将实现增长。另外,智慧农业下,由于精准调控灌溉技术等的创新,资源、区位等自然条件对农业生产的约束放松,农业适宜发展的空间得到扩展,盐碱地区、干旱半干旱地区、北部高寒低积温地区、都市地区等非传统生产空间的农业发展潜力得到进一步发挥,并促进农业产出增长。由于产中、产后损耗与浪费的减少,农业产出得到有效利用的部分也会更高。这些都意味着重要农产品供给保障能力的提升。三是农业产出的多元化和农产品价值与功能的提升。更紧密地面向需求使智慧农业的生产融入更多异质性因素,推动产出的多元化。这些异质性就是标准化产出下未能得到满足的消费者需求,并转化为智慧农业产出的价值。可以说,智慧农业将使农业部门实现从提供低价值初级农产品向提供高附加值农产品转变,从满足基本营养需求向满足更高层次的健康、文化和娱乐等需求发展。智慧农业生产甚至可以提供高附加值营养元素或面向现代医药、化工等高科技精深加工需求提供定制的原料,这些将进一步提升农产品的价值和功能。

### 三、智慧农业发展的潜在问题

受传统农户素质不高、数字资源高度集中、投资具有较高的资产专用性等因素制约,智慧农业在理论上可能面临包容性不高、数字垄断与强者通吃风险等问题。

#### (一) 包容性不高问题

虽然通过不同智慧农业协同模式发展构建广覆盖、多层次的智慧农业体系,可以为大多数农户融入智慧农业网络提供机会,但智慧农业发展依然面临一些基本矛盾并可能导致包容性不高问题。一是传统生产模式与现代生产方式的矛盾,进一步激化不同农户的不均衡发展。中国农业现代化发展过程中农户趋于分化,专业化、规模化经营的新型农业经营主体越来越多,但当前的主体仍是传统小农户。相对于新型农业经营主体,传统小农户投资智慧农业的能力低,应用智慧农业生产方式的能力和意愿更低,获取智慧农业服务的价格也可能更高。这些都意味着新型农业经营主体相对于传统小农户在智慧农业发展中将获得更大收益,传统小农户甚至可能因此而被淘汰。二是数据价值显性化与数据利用专业化的矛盾,导致不同类型主体对增值收益的不均衡分配。传统农业发展模式下的农户、社会化服务者、加工企业等不同主体在产业增值收益分配方面的议价能力并不均衡,而智慧农业下这种议价能力差异可能更大,使新技术带来的增值收益主要为其中的个别主体获得。一方面,数据对稳产、增产、增效的作用日益突出,生产主体对智慧农业技术的依赖性不断上升;另一方面,智慧农业下的大数据分析及其背后的动植物生长模型的构建、人工智能技术的应用等都是颠覆性的高新技术,具有高度专业化的特征。由于这个矛盾,智慧农业发展必然伴随着生产者对基于数据的生产服务的依赖程度上升,相应的,在增值收益分配上后者也将拥有更大话语权。三是低增值与高投资的矛盾,导致不同农业部门的不均衡发展。多数的智慧农业模式都要求更高的投资强度,运营管理的难度和成本也更高。对于水果蔬菜等高值农业,以及产品差异大且通过智慧农业增值空间较大的农业产业,智慧农业的应用潜力已开始显现。但是,目前比较普遍的观点是,对粮食等大宗农产品来说仍面临投资高、收益低的问题。

#### (二) 数字垄断问题

智慧农业是农业从“三链”协同向“四链”协同的发展,除传统产业组织中的市场垄断外,更需要关注数字垄断问题。数字垄断来源于两个方面,一是数字资源的集中,二是数字资源利用能力的差异。各类智慧农业模式通常都以一定的主体为主导,而智慧农业的核心资源与核心能力,即数据资源和依托数据与数据模型的智慧化决策,往往为该主体所掌握。这些资源和能力不仅使其掌握着具有相对于被服务的农户等更高的议价能力,而且具有相对于其他竞争者更大的竞争优势,甚至是垄断性优势。而且,数据资源累积及其带来的决策模型优化和决策能力提升,都将导致垄断优势的提升。

#### (三) 强者通吃风险

从组织结构的比较看,不同智慧农业模式面临不同的强者通吃风险,一定程度上会阻碍智慧农业发

展。在以上五种智慧农业发展模式中,农业企业自主型智慧农业是主体构成、组织结构最简单的智慧农业发展模式。在该模式下,企业同时是数据的产生、收集和使用,智慧农业建设的增值收益是内部化的,农产品生产的效率提升、质量改进都能在企业收益上得到充分反映,不会因专用性资产的投资而面临强者通吃风险,因此企业投资的风险可控,积极性也能更好发挥。但是,在加工流通企业带动型智慧农业、专业化服务企业主导型智慧农业和数字化农机企业主导型智慧农业模式下,数据的产生、收集和使用,以及智慧农业增值收益的受益者会产生分化,收益分配影响投资的价值实现和积极性,而资产专用性的存在也会在产业链上下游之间导致不同程度的强者通吃风险,具体体现在价格与租金谈判等不同环节,并对智慧农业投资产生抑制作用。

#### 四、促进智慧农业发展的对策建议

目前,虽然智能技术(装备)已在很多农村地区得到应用,但农户层面应用比例依然不高,而且小农户相对于规模经营农户应用智能技术的比例更低;智能技术的应用主要集中在打药和耕地环节,得到应用的技术仍以无人机和GPS装备为主,其他如环境监测、自动化控制等技术的应用非常有限。为加快智慧农业发展,需要着力做好以下几方面工作。

##### (一) 加快智慧农业技术的创新和供给

首先,加快智慧农业相关的原始技术创新。智慧农业以现代科学技术为基础,既包括农业物联网技术、农业大数据技术、农业人工智能技术、智能装备与农业机器人技术等现代农业信息和装备技术,也包括现代农艺技术、繁育技术、动植物生长数学模型等现代农业科学。要加快与智慧农业发展相关的基础性理论研究,通过技术创新拓展智慧农业发展的技术边界。其次,创新智慧技术应用的场景与模式,实现前沿技术与纷繁复杂的实际生产经营管理的对接。再次,着力降低智慧农业技术应用成本,推动智慧农业从技术可行向经济可行发展,特别是破解智慧农业技术在粮食等大田作物应用中的成本障碍。

##### (二) 分类施策,促进不同模式协同发展

智慧农业要发展成为能让大多数农民受益、具有包容性的现代化农业生产方式,就必须实现不同智慧农业模式协同发展,并构建广覆盖的智慧农业体系。对农业企业自主型等由加工、流通、服务企业主导的智慧农业,要加大对智慧农业相关的研发创新和投资的政策支持;重点培育辐射带动农户更突出的专业化服务企业主导型和数字化农机企业主导型智慧农业,推动智慧化社会化服务的更快发展;加强农技推广体系依托型智慧农业发展,改变示范性大于实用性的现状,补齐公益性智慧农业服务短板,既为最广大的农户提供兜底性的智慧农业服务,又强化公共性智慧农业服务对各类商业化智慧农业服务的支撑保障作用。

##### (三) 依托智慧农业发展,加快农业生产体系、产业体系、经营体系现代化

转变生产体系就是要转变生产方式和资源利用方式,围绕智慧农业发展加快生产工具、投入品、农业设施、农艺技术等变革,全面提高农业劳动生产率、土地产出率和资源利用率。转变产业体系就是要转变农业产品结构、产业结构、产业链构成,依靠智慧农业实现农业产出与技术发展、经济社会需求的更优匹配,如多元化供给与差异化需求的匹配、标准化生产与精深加工需求的匹配等。转变经营体系就是以数字链、数字化社会化服务的发展等为依托转变农业组织模式、完善产业利益联结机制、加快一二三产业融合发展,包括智慧农业生产与现代育种体系等的融合及智慧农业与信贷、保险等现代服务业的融合。

##### (四) 加强数字标准建设和数字安全治理

智慧农业下累积的数据是具有巨大外部性的资源,通过流动与共享,这些数据可以在几乎没有边际成本的情况下成为所有者以外其他主体的生产要素,从而推动全社会农业生产力发展和智慧农业实现总体上的规模报酬递增。而且,数据流动与共享也是广泛兴起的智慧农业实践从散点分布向协同发展转变的必然要求。促进数据流动与共享,关键是要加强智慧农业相关标准体系建设,包括数据类型、智

能设备数据交换协议等,还要加强智慧农业相关云存储、云计算平台建设。不可否认的是,智慧农业的数据也是国家重要的战略资源,在促进流动与共享的同时也面临如何保障国家农业数据安全的问题。对此,要加强相关的治理机制建设,如制定数据安全等级评价标准、划分数据安全类别、按安全等级明确数据存储要求等。

参考文献:

- [1]赵春江.智慧农业的发展现状与未来展望[J].中国农业文摘·农业工程,2021(6):4-8.
- [2]周斌.我国智慧农业的发展现状、问题及战略对策[J].农业经济,2018(1):6-8.
- [3]宋洪远.智慧农业发展的状况、面临的问题及对策建议[J].人民论坛·学术前沿,2020(24):62-69.
- [4]曹冰雪,李瑾,冯献,等.我国智慧农业的发展现状、路径与对策建议[J].农业现代化研究,2021(5):785-794.
- [5]殷浩栋,霍鹏,肖荣美,等.智慧农业发展的底层逻辑、现实约束与突破路径[J].改革,2021(11):95-103.
- [6]温涛,陈一明.数字经济与农业农村经济融合发展:实践模式、现实障碍与突破路径[J].农业经济问题,2020(7):118-129.
- [7]李道亮.物联网与智慧农业[J].农业工程,2012(1):1-7.
- [8]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):1-7.
- [9]王小兵,康春鹏,刘洋,等.牢牢抓住建设智慧农业的时代主题[J].中国农业资源与区划,2021(12):46-50.
- [10]王海宏,周卫红,李建龙,等.我国智慧农业研究的现状、问题与发展趋势[J].安徽农业科学,2016(17):279-282.
- [11]刘建波,李红艳,孙世勋,等.国外智慧农业的发展经验及其对中国的启示[J].世界农业,2018(11):13-16.
- [12]孙忠富,杜克明,郑飞翔,等.大数据在智慧农业中研究与应用展望[J].中国农业科技导报,2013(6):63-71.

(责任编辑:张佳睿)

## Theoretical Thinking on Smart Agriculture: Development Modes, Potential Problems, and Promotion Measures

LIU Changquan

(Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732)

**Abstract:** China's smart agriculture mainly develops in five modes: self-directed development of agricultural enterprises, development driven by processing and circulation enterprises, development led by professional service enterprises, development led by digital agricultural machinery enterprises, and development depending on agro-technique promotion system. Different development modes collaborate with each other, forming a smart agriculture system characterized by wide coverage and multiple layers. In terms of the allocation of production factors, smart agriculture can promote the matching between agricultural production modes and the supply of production factors and improve the coordination between output growth and environmental sustainability. In terms of organizational structure, smart agriculture encourages more entities to participate in the agricultural labor division and cooperation network for collaboration, promoting the integration of innovation system with agricultural industry. In terms of industrial performance, smart agriculture improves agricultural efficiency, output, and the values and functions of agricultural products. Currently, smart agriculture faces the problem of imbalanced development caused by contradictions between traditional farmers and modern production methods, between dominant data values and specialized data utilization, and between low value-added and high input. To accelerate the progress in smart agriculture, efforts should be made to promote the innovation and supply of smart agricultural technology. Classified policies should be implemented to promote the coordination between different development modes of smart agriculture. Relying on the development of smart agriculture, the modernization of agricultural production system, industrial system, and management system should be accelerated. In addition, the digital standards and digital security governance should be built up.

**Keywords:** Smart Agriculture; Development Mode; Resource Allocation; Inclusiveness; Organizational Structure