华中农业大学学报(社会科学版),(总173期)2024(5)
Journal of Huazhong Agricultural University(Social Sciences Edition)

数字赋能农业现代化:内在机理、成效检视与实践路向

李　楠,李昀励

(武汉大学 马克思主义学院,湖北 武汉 430070)

摘　要　数字技术作为近年来蓬勃发展的新兴动能与新质生产力的重要代表,亦为农业现代化转型提供了重要驱动力。深析其机理,数字技术同农业产业的融合能够纵向驱动全链条的优化创新与延伸互融,横向促进多业态的融合发展;数字技术同农业生产的融合能够助益效率、品质、成本、生态效益多环节的全方位提升;数字技术同农业经营的融合能够赋能经营主体与经营服务的优质化转型。而今伴随数字技术架构的深入铺开,在其巨大的辐射效益下,农业产业功能价值日臻拓展,农业生产质效持续提升,农业经营方式改造优化,农业主体利益大幅增进。然而也必须看到,囿于顶层设计的滞后性、数字农业主体能力的失衡性、技术设施支撑的薄弱性,数字技术同农业体系的进一步深度交叉融合面临制约。系统思考深度推进数字赋能农业现代化的未来路径,应聚焦政策保障、主体赋能、技术设施供给三大破题口,强化支撑、补齐短板,为农业领域的模式变革与转型升级注入强劲数字动力。

关键词　数字技术;农业现代化;内在机理;成效检视;实践路向

中图分类号:F303　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-3456(2024)05-0032-12

DOI编码:10.13300/j.cnki.hnwkxb.2024.05.004

作为新质生产力的一大重要代表,数字技术随着近年来的不断更新迭代与蓬勃发展,已逐步融入我国经济社会生活的方方面面,成为推动经济高质量发展的新动能,也成为推动农业现代化高速发展的重要工具。我国历来将农业农村问题置于突出地位,习近平总书记强调,“没有农业强国就没有整个现代化强国;没有农业农村现代化,社会主义现代化就是不全面的”[1],农业始终是我国现代化建设的一个薄弱环节,实现农业现代化是走好中国式现代化道路必不可少的关键一步。基于此,我国先后出台多项将数字技术同农业发展相耦合、以数字赋能农业现代化的政策文件,如《数字乡村发展战略纲要》《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》等,并在每年中央一号文件中强调实施数字乡村发展行动的重要性,国家对以数字化引领农业现代化发展的高度重视程度由此可见一斑。新时代新征程,以何种方式方可充分抓住数字时代蕴含的巨大机遇、把握好数字技术这一新质生产力对现代农业的核心赋能力量,成为亟需回答的重大现实问题。鉴于此,有必要厘清数字赋能农业现代化的作用机理、悉心检视时下已有的实践效果、剖析制约数字赋能农业现代化的现实要素和相应的推进路向。

一、数字赋能农业现代化的内在机理

数字技术与电子计算机相伴而生,是一项藉由互联网、通信等手段,将各类信息进行收集、数字化转换、分析处理、计算传输、连接互通的新兴科学技术,亦是新一轮科技革命背景下新质生产力的

收稿日期:2023-09-29
基金项目:国家社会科学基金重大项目“中国共产党解决农村绝对贫困问题的路径、经验与启示研究”(20&ZD018)。

重要内核,当下大致囊括大数据、人工智能、物联网、云计算、区块链、遥感、虚拟现实、5G等诸多核心技术,在农业领域的多层次应用中呈现出高创新性、广覆盖性与强协同性的基础特质。数字技术与农业发展的耦合效应能够为农业产业体系、生产体系、经营体系全方位赋能,为三大体系的现代化转型提供重要驱动力(见图1)。

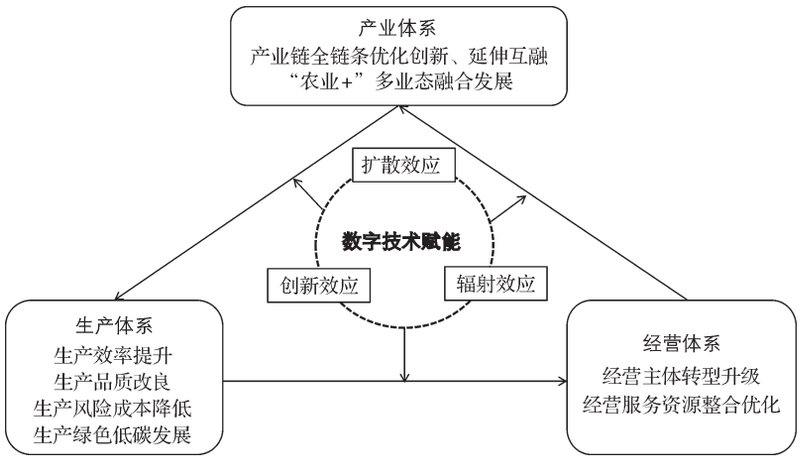


图1　数字赋能农业三大体系现代化转型的机理框架

1.数字化、产业融合与农业产业结构现代化

实证研究表明,数字化发展显著促进了乡村产业振兴[2]。从纵向与横向视角区分,农业产业体系大致可分为纵向的内部体系,即涵盖生产、采购、仓储、加工、销售在内的“原料－农产品－食品”全产业链运营体系;横向的外部体系,即农业作为第一产业同二、三产业并列的业态体系。数字技术作为一种新质生产力,能够在农业领域催生新产业、新模式,纵向上助力农业产业链全链条的优化创新与延伸互融,横向上驱动“农业＋”多业态的融合发展,实现农业产业结构的现代化调整。

(1)纵向来看,数字技术赋能深度结合“看不见的技术”与“看得见的产业链”[3],推动打造产购储加销全产业链一条龙数字化高效运营体系(见图2)。依托数据作为关键要素、智能平台作为重要载体、数字技术作为有效驱动,能够推动传统农业产业内部体系的全方位升级,在数字化资源整合下打通生产、采购、仓储、物流、加工、销售等各关键环节,极大优化整体产业链从供给端到消费端的流程与效率。例如,生产环节,以数字设备为基础,以算法为支撑,能够实现基地数字化、种养殖标准化、管理可视化、决策智能化;采购环节,大数据农资电商平台能为农资生产商、供销社与农户等有效供需对接提供实时平台,及时接受供应对象的使用反馈与平台的农资监管;仓储环节,大数据、人工智能与物联网技术的运用有利于重构农产品存储过程,促进计量感应等设施标准化配备、农产品入仓在仓出仓等流程的全程自动化控制,形成少人无人化的仓储管理,等等;物流环节,包括如大数据与云计算技术能够发挥供需耦合的集散效应,实现农产品总体流通环节的最大化精简,物联网技术与GPS技术则确保物流全程的透明可视化;加工环节,如利用人工智能技术的人工神经网络、机器视觉与迁移学习能力,能够对农产品品质进行高效精准识别检测与分拣加工,基于射频识别技术的智能包装系统则能够以电子标签的形式记录存储农产品在加工过程中的全状态,保障加工过程阳光透明,等等;销售环节,电商平台等一系列应用能促进营销模式创新,打造淘宝村、网络直播带货、社区团购、新零售、社群裂变式拼单及线上私人订制等新型农产品营销模式,最大化挖掘海内外潜在消费群体,实现产销精准对接,不一而足。综上观之,相较传统农业产业体系而言,产购储加销全链条的数字化升级能够突破传统条件约束,从信息对称度、工作精简度、处理优精度等方面全局性优化。同时藉由“上云”“上平台”能够实现各环节间数字化协同,保障产业链之间全面信息联结与数据互通,缓解以往农业产业链过短、碎片化、低端化导致的价值低、增值难问题,更好发挥产业互联的倍增、虹吸效应。

(2)横向来看,数字技术赋能驱动一二三产业深度交融,破除技术空间壁垒,推动打造“农业＋商

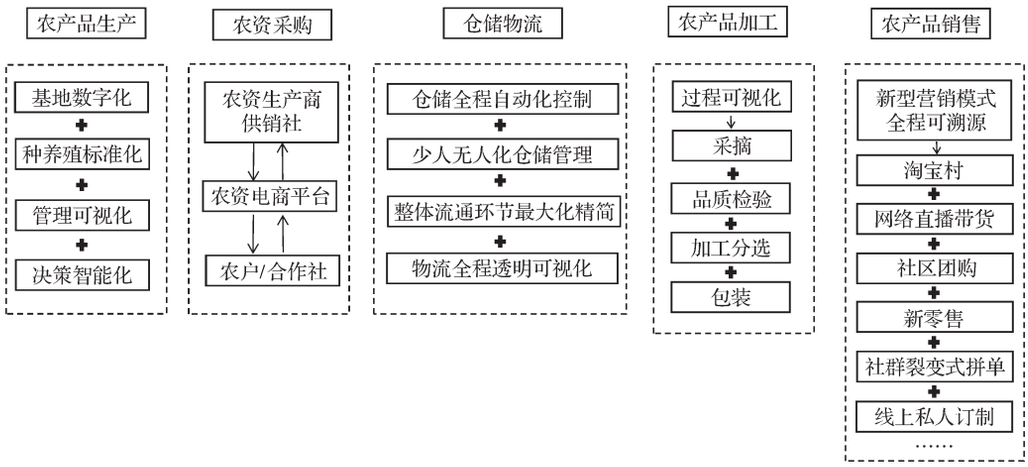


图2 数字赋能农业产业链全链条的基本思路

文旅体养购”等业态一体化复合发展模式。相较第二、三产业而言,农业作为第一产业,面临更多条件约束与更高转型难度,唯有通过产业交融共生才能更好推动农业现代化。纵观全球,数字化程度愈深的国家,往往三次产业融合共生水平也愈佳。事实证明,数字技术嵌构能有效破除产业间壁垒,实现三次产业从各自为营到融合共生的衍变,解决传统农业产业同二、三产业关联度低的问题,带动旅游农业、认养农业、共享农业、康养农业等各类复合式新业态的产生。以商文旅为例,依托人工智能、物联网、大数据及虚拟现实技术,能线上构建农业同各类文旅服务的全链路串联,实现数据线上线下沉淀,借助影视制作与赛事规划等项目塑就乡村旅游IP产业链,形成乡村特色智慧景区与智慧酒店。由此助力农业体系结构摆脱“农产品—农产品加工—食品”的传统单一线性链条,围绕不同业态主题形成“休闲农业—旅游—住宿、餐饮”“农业观光—直播网红—产品销售”[4]“农业认养—线上订单—文化旅游”“康养农业—智慧服务—养生疗养”等更复杂的产业链条和网络型产业发展路径,促进农业内部结构与三次产业整体结构的优化。数字技术在农业中的运用能推动其由劳动、生产资料密集型产业转型升级为资本、技术密集型产业,新业态同农业产业加速融合,现代化水平与整体效益综合提升。

2.数字化、技术进步与农业生产体系现代化

农业生产体系现代化即以现代技术装备农业,打造高产、优质、低耗的农业生产模式与合理利用资源、保护环境的农业生态系统[5]。通过将数字技术嵌构进农业生产体系,有助于优化生产全流程,大幅提升生产智慧化、信息化水平,同步实现生产效率提升、品质改良、风险降低、绿色低碳,从而改变传统农业生产力,产生新质农业生产力,促进农业生产力的质变型跃迁,赋力农业生产体系现代化转型(见图3)。

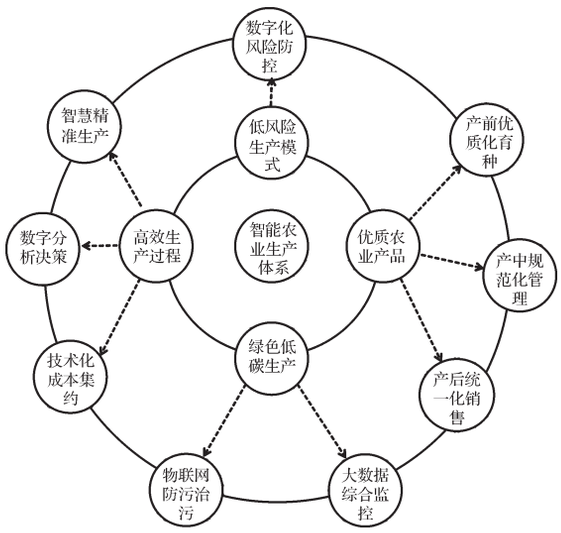


图3 数字赋能农业生产体系的基本思路

(1)数字技术赋能生产效率提升。首先,数字技术助力生产决策高效化。传统农业形态下,主观经验决策具备盲目性,往往容易导致决策低效与失误,生产波动性大,而人工智能、大数据与云计算技术的融合能够使农业生产由经验模式转向数据支撑模式,通过自动采集处理农业数据,为生产者提供全维度可行决策。其次,数字技术助力生产过程精准化。农业种养殖本身具备随机性,加上生产流程粗放碎片化,其低效益是传统农业生产痛点,而数字技术具备分析高度复杂、非线性问题的能力,在农业生产体系中的运用使精准生产成为

可能,如基于航空遥感、5G、地面物联网等,能打造包括智慧农机大田种植、精准农业变量施肥、远程智能温控光控、病虫害精准定位防治等在内的智能精准化农业生产模式,实现农业生产效益几何级增长。最后,数字技术助力生产成本集约化。传统农业生产极度依赖劳动力这一传统生产要素,而生产资料同人力相结合往往伴随一定损耗。无人化数字农业生产体系能够为集约生产成本赋予可能,如航空植保与智能农机等设备在农业生产全过程大量运用能精细化生产资料投入,最大化降低损耗。农业信息整合则是农业主体降低成本的重要支撑,类似大数据平台的存在能有效缓释信息不对称,降低传统生产模式下农产品的信息搜索成本、追溯成本、验证成本等生产交易成本[6]。

(2)数字技术赋能生产品质改良。传统农业生产育种随机性较大,流程规范性不足,难以稳定产出优质的标准化产品。数字技术能从产前、产中、产后各环节切入,整体优化农产品质量。如产前,人工智能技术与生物材料技术的搭配能结合测试数据进行交叉选种,筛选优质种子基因序列,从根源上改良农产品品质;产中,农业物联网、射频识别、大数据与人工智能技术的融合能有效整合农业资源,结合不同区域优劣数据与作物特性,预先动态模拟作物生产过程,实时监控多方面生长数据,科学调控生长环境,确保农业生产的模块化、流程化与农业管理的智能化、科学化,严格控制农产品质量;产后,经由大数据平台共联共享,能统一农产品社会化生产与销售,确保信息可查、质量可溯、责任可究,充分保障输出产品质量稳定。

(3)数字技术赋能生产风险降低。传统农业生产易受外部风险影响,具有诸多不确定性,数字技术在实现自然风险可控化上具极大优势,能为以往“靠天吃饭”的农业生产体系提供数字孪生的智能指导。如以遥感、大数据技术为基础建立的农业动态监测、自然风险预警防范机制能预先分析预测气候环境变化,针对重大自然风险事前予以数字化防控,确保生产损失最小化。结合人工智能图形识别技术与AR农业可视化沙盘,则能打造农业病虫害监测预警网络,确保精准防治,减少不必要损失。

(4)数字技术赋能生产绿色低碳发展。依靠化肥农药的传统农业生产具有环境污染、资源退化等诸多消极效应,基于数字技术的现代化农业为绿色低碳生产提供了可行路径。藉由充分融合技术系统和物理系统,能在保障农业生产要素投入平衡的同时减少化肥使用量与碳排放量,发展生态友好型农业。譬如基于大数据设立的大气、土壤及农业面源污染综合性监控体系可实时精准追溯污染源,及时进行环境预警,为农业碳汇发展、农田保护性耕作等绿色生产模式提供有效决策补偿;完全自动化和数据密集的封闭式生产系统与农业生产资料数字追溯监测系统能依据标准化规范遏制农药化肥滥用,促进水分和养分循环利用[7],保障农业绿色节能生产。

3.数字化、组织升级与农业经营能力现代化

经营能力现代化也是农业现代化重要环节之一,以数字技术为联结纽带,能充分促进农业经营主体现代化转型,实现农业经营服务优质化铺开(见图4)。

图4　数字赋能农业经营体系的基本思路

(1)数字技术赋能农业经营主体转型升级。一方面,数字技术赋予农业经营主体现代化技能。大数据要素在农业领域渗透可加速农业信息传递,拓宽农业经营主体提升数字文化素养的渠道,强化其将现代化技术同生产运营、商贸金融活动耦合的能力,培育出懂技术、善经营,能切实将流量变经济、将数据变农资的现代“新农人”。另一方面,数字技术助力农业经营组织规模化发展。传统农业经营组织规模小、信息不畅、管理方式粗放、服务存在明显时间空间限制等因素阻碍了相关利益主体间高效协作。利用物联网、云计算、农业遥感、大数据技术在农业生产资料组织与经营全过程的构

嵌能打破传统农业经营结构体系,推动经营形式智能化转型,促进农业经营组织扁平化、网状化、平台化发展,实现组织之间、组织内部充分信息互通共享与高效分工协作,并为小农户迈入规模经济、衔接现代农业构建桥梁,打造集约化、规模化农业数字管理模式,加速形成新型现代化智慧农业经营组织。如通过对组织结构数字化重塑,农村集体经济组织能更有效对土地、山林等集体资产优化配置,强化基础设施和公共服务精准供给;而由合作社等主体引领的数字农业合作经济组织则可更精确地观测农户需求,通过对外衔接外部市场、对内动态调整运行机制,更好地调配组织要素资源、发挥组织集聚优势[8]。

(2)数字技术赋能农业经营服务资源整合优化。一方面,数字技术打造优质平台服务。难以及时准确获取服务与信息是制约传统农业经营主体发展的一个重要因素,而经由互联网和大数据平台的双重构嵌能实现农业信息的多角度整合,打造区域性综合农业信息服务平台,促进农资、劳动、土地等农业生产要素的交流互通,为农业经营主体咨询农情、掌握交易信息、开展经营活动提供个性化专业服务。数字金融则能弥补传统金融服务的不足,基于区块链、云计算技术的数字金融服务与数字信用体系能消除传统涉农金融服务的逆向风险,确保农业经营主体以最短流程取得零抵押、低成本信贷资金。另一方面,数字技术促进精准供需对接。传统农业经营市场供需失衡的最重要原因在于信息不对称,通过充分发挥人工智能、云计算等数字技术在信息共享、资源配置方面的优势效用,能有效整合农产品供需信息与销售数据,使农业经营主体实时掌握市场需求,及时优化生产布局与产品供应,形成农业生产同消费需求的最佳匹配[9]。

二、数字赋能农业现代化的成效检视

数字与农业深度融合的现代化发展实践中,诸多新技术、新模式、新应用不断派生,改变了农业产业体系的传统形式,升级了农业生产的质量效益,再造了农业主体的组织经营,为农村经济繁荣与农民持续增收带来巨大积极效益。

1.产业体系:数字技术辐射推动产业功能价值拓展

数字化浪潮的纵深推进使农业产业链得到多层次延伸与智慧化转型,农业产业与第二、三产业之间边界日臻模糊,新业态新模式层出不穷,呈现产业功能价值现代化发展的蓬勃态势。

(1)农业产业强链智链延链不断推进,数字化升级持续向好。随着数字基建不断推进,我国农村地区数字农业平台、电商服务中心及物流配送网点等产业链数字化配套建设日趋完善,截至2022年7月,电子商务进农村综合示范项目累计支持1489个县,全国共建县级电商公共服务和物流配送中心2600余个,“快递进村”比例超80%,全国涵盖农产品及加工制品、餐饮服饰等在内的农村网络零售额达2.17万亿元。质量安全追溯平台建设持续推进使更多农产品接入自建或公共追溯平台,产值占比已达24.7%[10]。如今农业产业链各环节建设愈发智能精准化,农产品精准生产加工—智能分级包装—智慧物流仓储—数字化全渠道营销体系建设不断推进,产业链功能价值有效延伸。以山东省淄博市高青县为例,作为“中国黑牛城”与畜牧业强县,其借助得益乳业、高青黑牛两大龙头企业之力,成功建设数智牧场,实现对黑牛选种、精深加工、智慧冷链物流及数字交易一条龙数字化改造,并同盒马企业联合培育新兴数智营销模式,串起了从养殖到研发、从牧场到餐桌的整条数字经济产业链,打造了“种养加”一体化的特色“高青模式”。

(2)农业产业壁垒日趋突破,数字化串联三次产业融合共生。信息技术与农业产业双向互促催生一批创意农业、观光农业、共享农业等新兴业态,打造一批农业生产托管、农业创业空间等新兴模式,促进休闲养生、创意民宿、智慧商旅等融合产业持续繁荣。返乡入乡创业就业人数快速增长,2021年达1120万人,其中一半以上运用互联网技术[10]。全域智慧化旅游持续发展,国际、全国、省市县范畴智慧旅游平台和各大乡村景点智慧旅游软件建设研发步伐日益加快,农业农村部已指导各地特色化开发乡村旅游“云观赏”“云体验”“云购物”等在线体验模式,诸多互联网平台设立专项“乡村旅游”话题频道,产业数字化融合发展已成大趋势。从典型案例检视,以江苏省宿迁市沭阳县颜集镇

堰下村为例,针对以往产业结构单一、花木产业融合度低的问题,堰下村借助互联网平台线上引流,从花木种植进一步链接创意花木、会展商贸及乡村旅游等相关产业,打造“幸福花海”淘宝产品基地,构架“品花+购物+旅游”复合化花木文化业态,既建立了品牌知名度,也同步拉动地方文旅餐饮会展产业振兴,成为以数字技术促进产业可持续融合发展的鲜活样板。

2.生产体系:智能模式运作促进生产质效同步提升

近年来,我国农业数字化进程不断加快,2021年,农业生产信息化率为25.4%,其中大田种植信息化率为21.8%,畜禽养殖信息化率为34.0%,水产养殖信息化率为16.6%[10],生产模式智能信息化高速发展有力保障生产质效的双向提升。

(1)农业生产全程降本增效。伴随近年来我国北斗系统精准农业重大应用示范、农业物联网区域试验、农业农村大数据应用试点一系列工程的先后实施,我国农业物联网体系、遥感地理信息系统与生产数据模型中数据愈发全面,全国数字农田“一张图”大致建成,“空天地”三维度新型农作物监测体系雏形初显,精准农业模式已在农情监测、农业信息感知、农机精准作业、精准饲喂多方面效绩显著。以安徽省芜湖市智慧稻米生产试点为例,其通过将水稻生产过程精准划分为13个大环节及49个智慧决策点,打造了“智慧农艺+智能农机”双核智能体系,2022年试点稻田相对常规稻田氮肥、磷肥使用量节约21.8%与14.3%,化肥农药投入相对亩均节约101元,亩均增产14.3%[11],亩均增收500元[10]。目前我国已打造完成基于种业大数据平台的全球首个农产品DNA指纹库平台“全国种子检验与认证信息系统”,在辅助育种、强化育种效率多方面提供有效助力。无人化智能技术的创新应用在畜牧养殖、轮耕休耕、病虫害防治等方面成效斐然。如黑龙江垦区已打造六大无人化农场群,累计改装升级水旱田无人驾驶、辅助驾驶农机6288台,作业田亩均增产3%~5%。又如广东农垦集团打造智能无人化“环境控制+精准饲喂+远程监控+移动巡检”样板猪场促进生产效率大幅提高,生猪养殖成本头均节约47.32元[10]。

(2)农业防灾减害、绿色生产能力持续增强。大数据、物联网等技术广泛运用使我国针对农业生产重大自然灾害、生物虫害的防控预警体系日益完善。如在2021年的洪涝灾害与2022年的长江流域干旱灾害中,我国气象信息预警、农情信息调度系统在提前预警布控、最大化降低生产风险损失方面发挥了关键效用。全国农作物重大病虫害数字化监测预警系统目前已同22个省级平台、4000多台物联网设备相联结[10],在及时侦查防治小麦条锈病、草地贪夜蛾等危险病虫害方面作出了重大贡献。同时,数字技术同农用生产化学品使用控制、面源污染检测等领域的结合充分提升了农业生产绿色化水准。以江苏省泰州市姜堰区沈高镇河横村为例,作为“绿色食品之乡”与“全球500佳”生态名村,河横村打造了河横生态管理云平台用以实时监控生产污染、优化肥料配方等,将智能技术同生态治理、污染防治多关节相串联,持续推进污染防治标准更新,有力夯实农业绿色化生产体系。

3.经营体系:数字信息嵌入带动经营方式改造升级

数字信息技术的引入完成了对传统农业经营体系的现代化改造,打造了全新数字农业经营模式,重塑了新型农业经营主体的数字化现代思维方式,提供了健全智慧化农业经营服务,有效促进农业经营方式优化。

(1)农业经营主体数字化程度不断迈进。随着信息化程度加深,农业经营组织间实现充分信息互通,一大批大型数字化经营组织涌现,经营体系现代化步伐大大加快。截至2021年底,全国共有223.3万个新型农业经营主体接受信息化农技推广服务,农技推广服务信息化率达61.3%[10]。一系列数字赋能策略的实施极大提升了农业经营者的数智化意识,打造出大批身兼高数字胜任力的“数字农民”。譬如河南省商丘市支农宝网络科技公司推出支农宝互联网+农业App手机客户端,自2014年上线以来每年为农民、农业从事者提供农业政策、产销信息500000余条,创业指南3000余条,农业技术2000余项[12],培育出诸多善经营、懂技术的数字农业人才。

(2)农业经营智慧化服务不断升级。农村数字化资产交易平台构建已在各地铺开,重点农产品市场信息平台打造完成,全国范围的专业农机服务对接数据库全面建立,各类涉农数据共享、全产业链大数据服务平台建设逐步推进,为现代化农业经营提供了人力资源情况、产销情况、市场供求等信息服务。譬如云上贵州大数据公司推出的智慧碧江农业服务平台为贵州省铜仁市碧江区的农业经

营提供全方位服务,助力经营组织运营合作效益充分增强。又如大北农集团为各类农业经营主体推出多元智慧服务平台,能提供动植物保健、饲料、育种等相关定制化服务,截至2021年,其已覆盖全国1400个县,入选农业农村部2020年“农业社会化服务企业100强”[13]。

(3)农业经营融资难题技术性消解。大数据、互联网、云计算等技术大量运用使农业经营中普惠金融服务愈发便利可及,有力解决农业经营融资的难贵慢问题。截至2022年6月,农村地区网络支付用户达2.27亿。2021年银行业金融机构、非银行支付机构处理农村地区移动支付业务分别达173.7亿笔、5765.6亿笔[10]。传统金融业务运行体系不断优化,银行保险机构已推出与互联网平台相耦合的特色金融服务。譬如中国农业银行打造“惠农e贷”应用,全程线上贷款、审批、发放及还款,大幅提升农业经营者融资效率,截至2020年底,其贷款余额3534亿元,授信户数274万户[14]。农业农村部推出“农业经营主体信贷直通车”构筑“主体直报需求、农担公司提供担保、银行信贷支持”的新型农村金融智能高效服务体系,截至2022年4月授信27496笔,授信金额破200亿元[10]。

4.共同富裕:数字信息共享助力农业主体利益增进

数字技术变革带来的信息共享充分保障农业主体在共享发展成果中的参与性,2022年全国农村网络零售额达2.17万亿元,电子商务进农村综合示范项目累计支持1489个县,支持建设县级电子商务公共服务中心和物流配送中心逾2600个,助力脱贫地区农产品销售的“832平台”入驻脱贫地区供应商逾2万家,截至2021年,市级以上重点农业龙头中36.3%由电商开展销售,通过电商销售的农产品加工企业营业收入比上年增长10.8%[10],有力促进农业主体收入的稳定持续增长。

(1)网络交易平台打通了农业主体对接市场的数字化新渠道。电子商务平台打破了传统农产品销售的地理信息障碍,使各类农业主体能借助网络交易平台快速开展虚拟贸易,实现“互联网+农产品”全渠道贩售。以淘宝村为例,2020年淘宝村及淘宝镇网店年交易额达1万亿元,共有296万个活跃网店,成功创造828万个就业机会[15],发挥巨大经济效益。

(2)直播营销等新型电商模式为农业主体挖掘了巨大的消费市场。网络直播已晋升为农产品销售关键渠道,“数商兴农”直播展销、“政务直播+助农”等模式的持续推进充分助益产销对接与农村电商发展,在开发消费潜力、促进农业主体有效增收方面发挥重要作用。以地方实践为例,“菠萝之乡”广东省湛江市徐闻县,以往仅在本省、周边地市销售,2020年疫情期间,顺势而为开展2020网络徐闻菠萝节,探索打造“县长镇长当主播,新电商搭台,农民唱主角”的“徐闻菠萝12221网络采购直通车”,线上直播不到两小时卖出165万斤菠萝,自此直播带货形式成为核心销售模式,从徐闻菠萝主产镇曲界镇看,2020年镇上农户仅邮政银行存款余额合计就达12.56亿元,同比增长高达26.68%[16]。

三、制约数字赋能农业现代化功效发挥的现实困境

在国家将数字技术耦合运用与农业现代化实践开拓作为重大议题的动态图景之下,数字赋能农业现代化工作已取得诸多成效。但也必须看到,关于如何使二者深度互嵌融合,仍存在诸多发展痛点,包括顶层设计滞后、数字农业主体能力失衡、技术设施支撑薄弱,制约数字技术在农业体系中充分运用。

1.数字农业发展顶层设计滞后

良好的顶层设计能为数字赋能农业现代化指引主要方向与关键领域,是实现数字技术同农业高质量融合必不可少的核心要素。然而,囿于缺乏有力制度设计支撑,数字赋能农业现代化的实践进程受到一定程度制约。

(1)数字赋能农业现代化的政策供给仍待加强。首先,政策供给系统性不足。纵然近年我国接连出台《数字乡村发展战略纲要》《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》等数字农业发展的纲领性文件,明确农业数字化转型总体思路,但整体仍处于“自上而下”试点探索阶段,尚未形成系统的数字农业发展体系,典型实践尚未成熟,实践经验也未得到深入总结推广[17],在激励机制、人才培育及信息共享等方面制度设计系统性不足,具体政策法规存在滞后局限性。其次,政策供给针对性需提升。囿于不同地区政府内部利益存在差异,当前政策体系

呈现碎片化、笼统化,相关政策关联性、协调性缺乏,部分地区仍缺乏基于充分调研结果的针对性、实际性数字农业发展规划。

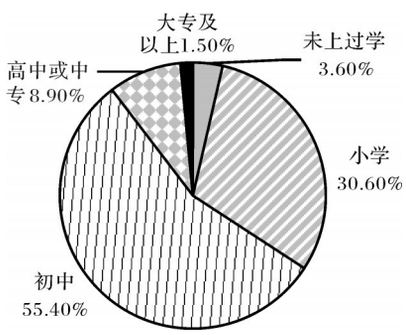
(2)数字赋能农业现代化的财政支持较有限。数字赋能农业现代化是一项长期系统工程,须政府辅以持续性资金投入。但就各级政府财政总体状况而言,当前相关财政支持项目较少、金额偏低。就最新可获取数据来看,2021年全国县域农业农村信息化建设财政投入仅占国家财政农林水事务支出的1.8%[10],在农业生产建设工程、农机设备等方面资金投入需加强。加上财政投入具体落实环节中审批流程过于繁琐,往往无法及时满足建设需求,使部分数字农业政策创新囿于资金调配不畅而难以扩散。此外,数字技术同农业高质量融合不仅需政府支持,亦需社会资本参与,然而由于生产研发投资周期长、资本回报率低等现实因素,社会资本往往投资积极性低。2021年全国县域农业农村信息化建设中社会资本投入仅954.6亿元,县均社会资本投入仅3588.8万元[10],政府引导、市场参与的多元化数字农业投资机制还有待建立。

2.数字农业主体能力培育式微

农民是农业现代化的主体力量,高数字素养的农业技术人才是实现农业数字化转型的中流砥柱,就其总体情况而言当前尚难以充分满足数字农业发展的现实需要。

(1)数字农业主体结构失衡。由于农业受自然条件与市场风险双重影响,且生产相对收益较低,数字素养相对较高的青壮年劳动力长期以来倾向于流往城市,加上农村人才体系在分配、激励、保障等方面尚未建设健全,返乡入乡数字人才始终存在“引不来、留不住”现象。2022年全国农民工总量达29562万人,其中跨省流动7061万人,40岁及以下农民工所占比重为47.0%[18],而2022年全国返乡入乡创业人员数量仅1220万人[19],前者达后者20倍以上。农村留守人员大多为数字素养较低的老弱妇孺,如图5,全国农业生产经营人员中,小学、初中学历者分别占比37%、48.4%,大专及以上学历者占比仅1.2%[20]。当前农民群体认知接受新型数字农业技术的能力大多偏弱,数字素养得分仅为18.6分,明显低于其他职业类型群体[21],阻滞数字技术工具价值与增收价值的释放[22]。

(2)数字农业主体培育机制尚未成熟。首先,农业本土人才培育力度不足。当前要实现数字技术同农业领域现代化融合,亟需培育“农业+文化+数字”复合型人才。尽管2021年国家高素质农民培育计划共培养高素质农民71.7万人[23],但较庞大人才需求而言仍有较大差距,复合型人才严重不足。此外,在本土人才培训中,培养模式仍较单一,数字技术培训占比尚需提升,数字技术培训与数字技术推广尚未形成有效对接[24]。加之数字技术的应用过程中存在收益分享体系不健全、数据条款不透明等问题[25],易挫伤农业主体的积极性与信任度。其次,农业科技人才培育力量羸弱。农业科技人才培育周期较长、科研难度较大,目前各大高校、科研院所及企业间尚未凝聚足够合力,产学研一体化协同育人平台建设还有待深化。此外,由于数字技术在全国范围内属全新研究领域,农业科技人才培育仍集中于传统种植业、畜牧业,在智能农机、合成生物、管理服务等前沿型、复合型领域略显薄弱,尤其欠缺高精尖科研团队及领军人才,阻滞农业科技研发可持续发展。



注:数据来源于《第三次全国农业普查公报》。

图5　全国农业生产经营人员受教育水平

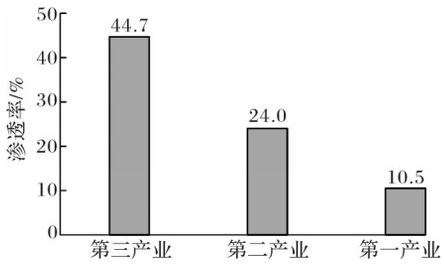
3.数字技术创新与设施支撑薄弱

数字技术的前沿创新及其与农业产业的有效交互是数字赋能农业现代化的重要前提,完善的数字基础设施与数据平台体系是推动农业数字化发展的稳固基础,而当下技术创新与设施供给要充分契合农业现代化需求仍旧任重而道远。

(1)数字农业技术的先进性与融合度有待提升。首先,关键核心技术尚受制于人。2022年,我国农业科技进步贡献率达到62.4%[26],迈上农业科技自立自强新台阶,但由于起步晚、成果积累有限、产学研模式落地难度大,相关科技成果仍以常规成果为主,存在低端化、同质化发展问题,前沿性、原创性农业数字技术研发仍明显滞后。当前,我国高端农业关键核心技术对外进口率高达90%[27],在农

业传感器、农业模型和核心算法等关键技术领域落后先进国家10～15年,自主研发农业传感器数量不足世界10%[28]。其次,数字技术同农业融合程度不足。2021年全国数字乡村发展水平仅39.1%[10],如图6所示,2022年数字经济在农业领域渗透率仅10.5%,远低于工业领域的24%与服务业领域的44.7%[29]。数字技术研发尚存在泛化问题,应用多为局部示范性应用,实质性对接不同地区现实发展状况的成果不多,产生了"数字接入鸿沟"与"数字使用鸿沟"。此外,数字技术研发运用存在重生产环节、轻产前产后环节,重种植业与水产养殖业、轻畜禽养殖业与设施栽培业的非平衡化倾向,制约农业全产业链的数字化嵌入。

(2)数字农业设施建设待进一步推进。首先,数字硬件设施发展偏缓。纵使近年来我国农村场域数字基础设施建设持续加强,但整体仍刚起步[30],以互联网设施为例,截至2023年6月,农村互联网普及率仅为60.5%[31]。囿于农村地区的复杂地理环境与离散人口分布,难以短时间内实现传统设施数字化转型,加上5G基站、农机智能设备、遥感卫星等数字硬件设施建设起步较晚,尚存在覆盖利用率低、有效供给不足问题。其次,农业全国性、全产业链大数据平台体系建设薄弱。在农业数据方面,国内统一大数据库创建尚在摸索,信息集成度低,机构、系统间有数据交换壁垒,数据标准化程度低,导致当前农业大数据获取、数据建模、数据计算、数据决策等能力难以满足农业全产业链数字化改造需求[3]。



注:数据来源于《中国数字经济发展研究报告(2023年)》。

图6 2022年各产业数字经济渗透率

四、促进数字赋能农业现代化的实践路向

在传统农业向现代农业系统性转变的过渡阶段,若要更大力度释放数字技术赋能效应,需以配套政策与制度保障为外部推力,以数字化农业主体培育为内生动力,以数字化技术设施的有效供给为强劲驱力,多维度探索数字科技同农业领域深度融合的实践路径,切实促进农业体系转型升级。

1.加强数字化发展的制度资金支持,为赋能农业现代化提供政策保障

农业现代化转型是围绕最新信息技术的全方位变革,须从全局领域对数字赋能方案进行统筹部署,高质量推进数字农业建设。

(1)以中央层面与地方层面衔接形成配套政策。首先,从中央层面统筹联动国家战略,健全数字农业政策框架。国家应协同"十四五"规划与2035年远景目标纲要中涉及乡村振兴、数字中国等的战略部署,统筹农业农村、网信、工信等部门,确保数字农业规划同各项国家重大政策项目衔接,强化资源协同使用,构建一套科学、连贯、稳定的政策体系。结合当前"未来乡村""数字乡村"领域的实践探索,尽快建成国家层面、具有较强可操作性的数字农业标准体系。其次,从地方层面联系区域发展实际,制定差异化政策实施模式。地方政府一方面应围绕国家数字农业大政方针与战略规划的总体设计,做好信息共享、人力资源、激励机制等方面相应的环境供给;另一方面应结合异质化区位条件、数字水平、资源禀赋与发展诉求,从规则制定、资源链接、精准施策及利益协调等多领域推出地方化发展规划与实施方案[32],并基于实施效果反馈持续优化。

(2)以财政投入同社会资本耦合强化资金保障。首先,要提升对数字赋能农业现代化工程的财政支持力度。应在持续加大涉农资金投入基础上优化投入结构,使资源进一步集中于农业数字化转型领域。立足各区域产业特色,匹配不同资金需求,设置专项数字农业补贴,并重点加强对基础相对薄弱地区的扶持力度。其次,要鼓励社会资本投资,打造多元化投入机制。有针对性开展招商引资,提升税负优惠及专项资金支持力度,将社会资本、金融资本引入数字农业发展领域,尤其需引入农业数字化转型短板性、核心性领域。鼓励金融机构围绕数字农业需求创新普惠金融模式,推出更多专项信贷、保险担保产品、供应链金融服务[33]等。

2.强化数字化发展的主体培育机制,为赋能农业现代化提供人才保障

要解决数字赋能农业现代化进程中人力资源主体能力匮乏问题,核心是强化人才培育机制,有

的放矢地推出针对不同具体人群的培养方案,充分激发数字农业发展内生动力。

(1)大力加强培育农业本土数字人才。首先,要构筑完善多层次、广覆盖的新型数字农民培育体系。应分类制定针对个体专业生产型、经营主体管理型、产业发展带头型等数字农业人才的常态化培训方案[34],分层推进数字农业技能的基础型、进阶型教学。完善数字农业从业人员选拔评价制度,打造一批擅长数字技术、懂经营、德才兼备的专业队伍。其次,要强化本土农业主体数字化转型的内在意愿。一方面应藉由讲解、考察、案例分享等手段强化对数字农业生产经营方式的宣传,最大化调动农民接受数字化转型的积极性;另一方面要健全农业数字化转型过程中小农户、新型农业主体及数字企业之间的协同利益分配机制,及时化解利益纠葛,最大程度降低农业主体数字化转型的创新风险。

(2)主动培育引进农业科技人才。首先,要藉由高校专业教育培育复合型农业科技人才。发挥高校科研育人主阵地平台效用,结合政府部门、研究所、农业企业多方合力,打造数字农业融合学科,分层培育复合型数字农业人才。依托国家重点技术研发项目、数字农业创新工程,定向打造一批理论基础扎实、创新能力强劲、具备国际前沿水准的科研领军人才与核心技术攻关团队。其次,要以合理激励机制促进农业科技人才下沉。应进一步优化人才政策,创新数字农业科技人才离岗创业、返乡挂职等相关机制,在薪资、职称、住房、社保、荣誉上予以充分激励保障,为人才下沉返乡夯实留乡基础。

3.夯实数字化发展的技术设施支撑,为赋能农业现代化提供动力来源

为驱动数字赋能农业现代化快速发展,必须进一步提升数字技术研发的自主适用性,实现数字基础设施纵深向覆盖,为充分释放数字创新红利、提升农业数字化转型能力夯实根基。

(1)强化数字农业科技创新,促进数字技术同农业深度耦合。首先,要围绕关键核心技术提升自主创新能力。依托国家科技计划,持续推动数字农业关键共性技术、战略前沿技术、集成应用技术布局、攻关及应用,加速构建数字农业科技成果推广应用的创新平台。在进一步强化基础研究的条件下,针对数字农业的核心领域与“卡脖子”技术,充分运用专项基金鼓励开发立项,发挥科研单位同科技企业的合力。其次,要围绕农业实际需求探索构建产学研全方位耦合运行机制。以市场为导向,以需求为指引,强化研发主体与生产主体的联动机制,立足农业实际需求推进技术创新。加大对数字农业小镇及数字农业科技示范园等融合试点模式的支持力度,构建更多数字农业创新试点区。进一步推进科技成果转化,持续优化新技术、新模式、新产品,使数字成果全方位渗透农业业态。

(2)强化数字基础设施建设,优化数字农业发展环境。首先,要以硬件基础设施为抓手,补齐数字化发展短板。加快网络宽带及5G基站等设备普及进度,尽力实现农村地区网络基础设施全覆盖、用网成本低廉化。加速对传统基础设施智能化改造,大力推进天空地一体化监测体系、农机智能设备运维体系等新型基础设施建设。其次,要推进软件平台设施建设,健全农业大数据体系。加快构建集合农业集体资产、自然资源、生态环境、交通运输以及个体农户、农民专业合作社、家庭农场等数据信息资源,涵盖国家、省、市、县各级农业主管部门在内的专有统一大数据平台[35-36],持续健全平台在数据的统筹管理、搜集整合、加工分析、处理运用等方面的功能。充分厘清农业数据在收集流动中的一致性标准规范、安全要求及责任划分,健全分级分类机制,建立各级数据使用主体间共享机制,形成贯通数字农业全环节的信息枢纽。

一言以蔽之,数字技术为推进农业现代化赋予可靠路径,但其充分应用目前仍存在一定制约。未来,基于我国国情农情,如何持续走好一条贴合现代化趋势的、数字技术同农业相耦合的发展道路将是十分值得继续深入探索的课题。

参　考　文　献

[1]　中央农村工作领导小组办公室.习近平关于“三农”工作的重要论述学习读本[M].北京:人民出版社,2023.

[2]　曹梅英,谭启云,王立新.共同富裕背景下乡村数字化发展对乡村产业振兴的影响研究——以广西为例[J].农业经济,2023,430(2):41-45.

[3] 韩旭东,刘闯,刘合光.农业全链条数字化助推乡村产业转型的理论逻辑与实践路径[J].改革,2023,349(3):121-132.
[4] 郭朝先,苗雨菲.数字经济促进乡村产业振兴的机理与路径[J].北京工业大学学报(社会科学版),2023,23(1):98-108.
[5] 梁琳.数字经济促进农业现代化发展路径研究[J].经济纵横,2022,442(9):113-120.
[6] 王小林.以数字化助推农业现代化[J].劳动经济研究,2022,10(6):11-15.
[7] KAMILARIS A,KARTAKOULLIS A,FRANCESC X,et al.A review on the practice of big data analysis in agriculture[J].Computers and electronics in agriculture,2017,143:23-37.
[8] 钟真,刘育权.数据生产要素何以赋能农业现代化[J].教学与研究,2021(12):53-67.
[9] WHITE B J,AMRINE D E,LARSON R L.Big data analytics and precision animal agriculture symposium:date to decisions[J].Journal of animal science,2018,96(4):1531-1539.
[10] 中华人民共和国国家互联网信息办公室.中国数字乡村发展报告(2022年)[EB/OL].[2024-07-15].http://www.cac.gov.cn/2023-03/01/c_1679309718486615.htm.
[11] 王小兵,丛小蔓,董春岩,等.芜湖智慧稻米——以数字化引领驱动农业现代化发展的先行者[J].农村工作通讯,2020(24):47-48.
[12] 农业农村部信息中心.2022全国智慧农业典型案例汇编[M].北京:中国农业科学技术出版社,2022.
[13] 陈毅辉,洪碧云.数字经济对农业高质量发展的影响研究[J].技术经济与管理研究,2022(2):105-109.
[14] 中国农业银行.书写金融服务乡村振兴新篇章[EB/OL].[2024-07-15].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1693831919820014488&wfr=spider&for=pc.
[15] 阿里研究院.2020中国淘宝村研究报告:1%的改变[EB/OL].[2024-07-15].http://www.aliresearch.com/ch/information/informationdetails?articleCode=126860487966199808&type=%E6%8A%A5%E5%91%8A.
[16] 张峻恺.数智乡村振兴[M].北京:清华大学出版社,2022.
[17] 钟钰,甘林针,王芹,等.数字经济赋能乡村振兴的特点、难点及进路[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2023,44(3):105-115.DOI:10.14100/j.cnki.65-1039/g4.20221226.002.
[18] 国家统计局.2022年农民工监测调查报告[EB/OL].[2024-07-15].http://www.stats.gov.cn/xxgk/sjfb/zxfb2020/202304/t20230428_1939125.html.
[19] 光明网.截至2022年底,全国返乡入乡创业人员数量累计达1220万人[EB/OL].[2024-07-15].https://m.gmw.cn/baijia/2023-02/17/36372410.html.
[20] 中华人民共和国中央人民政府.第三次全国农业普查主要数据公报(第五号)[EB/OL].[2024-07-15].https://www.gov.cn/xinwen/2017-12/16/content_5247683.htm.
[21] MINAL S,URKUDEB R,JAWALEC S.Organized data and information for efficacious agriculture using PRIDE™ Model[J].International food & agribusiness management association,2016(19):115-130.
[22] 李晨赫.社科院最新报告:乡村振兴亟待弥补"数字素养鸿沟"[N].中国青年报,2021-03-16(5).
[23] 吉林省农业农村厅.打造乡村振兴的"主力军"——《2022年全国高素质农民发展报告》发布[EB/OL].[2024-07-15].http://agri.jl.gov.cn/xwfb/xyyw/gnyw/202301/t20230116_8660823.html.
[24] 程大为,樊倩,周旭海.数字经济与农业深度融合的格局构想及现实路径[J].兰州学刊,2022(12):131-143.
[25] AGULA C,AKUDUGU M A,DITTOH S,et al.Promoting sustainable agriculture in Africa through ecosystem-based farm management practices:evidence from Ghana[J].Agriculture&food security,2018,7(1):5.
[26] 光明网.《中国农业展望报告(2023-2032)》发布[EB/OL].[2024-07-15].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1763670957659834355&wfr=spider&for=pc.
[27] 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.
[28] 陈旎,李志.数字乡村建设与现代农业融合发展困境及其破解之道[J].改革,2023(1):109-117.
[29] 中国信通院.中国数字经济发展研究报告(2023年)[EB/OL].[2024-07-15].http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202304/t20230427_419051.htm.
[30] MUKTI I Y,IACOB M E,ALDEA A,et al.Defining rural smartness and its impact:asystematic literature review[J].Journal of the knowledge economy,2022,13(2):956-1007.
[31] 中华人民共和国中央人民政府网.世界互联网大会蓝皮书:数字技术深度融入百姓日常生活[EB/OL].[2024-07-15].https://www.gov.cn/zhengce/jiedu/tujie/202311/content_6914265.htm.
[32] 唐惠敏.数字技术赋能乡村振兴的理论阐释与实践发展[J].农村经济,2022(9):42-51.
[33] 江世银,曹嘉宝.数字普惠金融对乡村振兴的影响及其机制研究[J].贵州大学学报(社会科学版),2022(6):47-60.
[34] 赵亮.乡村振兴视域中数字农业高质量发展探析[J].人民论坛,2023(2):81-83.
[35] 李蓉.乡村振兴背景下数字乡村建设机遇、挑战与实现路径[J].农业经济,2022(10):31-33.
[36] 许经勇.社会主义基本经济制度的内涵与变迁——关于"构建高水平社会主义市场经济体制"的思考[J].湖湘论坛,2023,36(2):78-86.

Digitally Empowered Agricultural Modernization: Intrinsic Mechanism, Effectiveness Review, and Practical Direction

LI Nan, LI Yunli

Abstract　Digital technology, a burgeoning new driving force and a significant representative of new quality productivity in recent years, has also provided an crucial impetus for the modernization transformation of agriculture. Analyzing its mechanism in depth, the integration of digital technology with the agricultural industry can drive the optimization, innovation, and extension of the entire chain vertically, and promote the integration and development of multiple business forms horizontally. The integration of digital technology with agricultural production can help comprehensively enhance efficiency, quality, cost, and ecological benefits across multiple aspects. The integration of digital technology with agricultural management can empower high-quality transformation of business entities and services. With the extensive deployment of digital technology frameworks and their significant spillover effects, the functional value of the agricultural industry has been increasingly expanded, the quality and efficiency of agricultural production continue to improve, agricultural management methods are being reformed and optimized, and the benefits of agricultural entities have been substantially enhanced. However, it must also be noted that due to the lag in top-level design, the imbalance in the main capabilities of digital agriculture, and the weak support for technological facilities, the further deep integration of digital technology and agricultural systems is facing constraints. To systematically consider the future path for deeply advancing digital empowerment in agricultural modernization, efforts should focus on policy support, empowerment of key entities, and the supply of technological infrastructure. Strengthening support and addressing shortcomings will inject strong digital momentum into the model transformation and upgrading of the agricultural model.

Key words　digital technology; agricultural modernization; internal mechanism; effectiveness review; practical direction

(责任编辑:陈万红)