

【区域格局与产业发展】

中国农业数字化转型发展的问题与出路*

彭傲天 安鑫丽 张良悦

摘要:数字农业既是信息技术发展的产物,又是现代农业发展的必然要求,更是一种新的农业范式的转型。中国农业数字化转型面临着农业工业化发展的先天不足、初期转型过于集中于交易领域以及收益不显著导致的转型动力不足等问题。因此,中国农业数字化转型发展应更加重视技术创新,聚焦生产领域,彻底释放数字技术生产力并在此基础上推动农业产业组织的重构。在转型发展中,除了构建信息通信基础设施和数字经济制度环境,还必须大力引入数字科技企业等新兴农业主体,充分发挥企业投资主体的作用,着力推动新兴农业主体与新型农业经营主体的融合发展。

关键词:数字农业;新兴农业主体;融合转型

中图分类号:F323 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2023)04-0091-09 **收稿日期:**2023-02-07

***基金项目:**河南省高等学校哲学社会科学创新团队支持计划项目“乡村振兴与农村区域经济发展”(2021-CXTD-01);河南省高等学校哲学社会科学应用研究重大项目“河南省农业高质量发展与供给侧结构性改革问题研究”(2019-YYZD-01);河南省哲学社会科学规划项目“相对贫困与内源式反贫机制研究”(2021BJJ001)。

作者简介:彭傲天,女,安阳师范学院商学院副教授(安阳 455000)。

安鑫丽,女,安阳师范学院商学院副教授(安阳 455000)。

张良悦,男,安阳师范学院商学院教授,通信作者(安阳 455000)。

一、引言

新一代信息通信技术的快速发展使全球经济呈现出数字化特征,数据成为驱动经济增长的战略性和基础性资源。相应地,农业也由机械和化学化生产的3.0版升级为数字化生产的4.0版。面对全球数字经济的冲击和农业转型发展带来的挑战,我国采取了积极的应对措施。2019年中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《数字乡村发展战略纲要》,农业农村部制定了《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》;2021年12月国务院发布了《“十四五”数字经济发展规划》;2022年2月中央网信办

和农业农村部等十多个部门联合印发了《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》,农业数字化转型发展成为农业供给侧结构性改革的战略突破。但是,从实践情况来看,中国的农业数字化转型存在着“规模化”和“数字化”双重转型的困境。

农业数字化转型是一种农业范式的转型,包括信息技术基础设施建设、发展理念转型、产业组织转型、生产决策转型、劳动力技能转型等各个方面。其面临的主要挑战来自物质资本投资、技术研发、人力资本提升、数字环境创造等方面。中国水源、土地、生态等基本农业资源的高度稀缺,可持续农业转型的压力,家庭农户为主体的基本经营制度以及由此决定的土地细碎化经营,不可避免地会导

致技术引入障碍、技术性失业和收益陷阱等转型困境。尽管中国农业较早地引入了电子商务和各种交易平台,但生产领域的数字化渗透还不够深入,这也成为转型发展的突出问题。因此,中国农业数字化转型的主要任务是如何培养数字农业经营主体,推动数字技术在生产领域内的渗透,从生产领域探索中国农业数字化转型的路径具有重要现实意义。

二、数字农业的内涵及实践发展

当前,全球经济正经历着一场以数字技术为特征的产业转型,农业发展进入数字农业时代,数字农业呈现出新的时代内涵和实践特征。

(一)数字农业是信息化基础上的农业革命

数字农业是数字经济与现代农业的深度融合,是以“信息+知识+智能装备”为特征的新一代农业革命。以大数据、云计算、物联网为标志的新一代信息通信技术融合农学、植物生理学、生态学、土壤学等现代农业技术,使现代农业形成了以数据为驱动的农艺生产和食品价值链,因其在发展不同阶段表现为不同的特征,又称之为精准农业、信息农业和智慧农业。

数字农业既是信息通信技术发展的产物,又是现代农业发展的必然要求,更是一种新的农业范式的转型(见表1)。随着全球人口持续增长以及收入水平的不断提升,人们对食物和营养的需求对现有

的农业资源和生态环境提出了严峻挑战,急需新的生产方式加以解决。基于数据要素的农业食品生产体系管理决策,能够做到精准生产、智慧管理和环境友好,且使现有的农业资源效益发生倍增,更加符合现实需要。高新技术赋能对农场主应该播种什么种子,使用什么肥料和杀虫剂,在什么地方、什么时间、使用多少等都能够提出精准的建议,从而使耕地的所有区域都能做到最优产出,确保将最好的农艺技术推广到每一亩田地。其机理在于,运用变量技术差异化地耕作每一块耕地可获得最优解;而同质化地对待每一块耕地反而导致次优化的结果。

农业数字化是数字技术沿着农业食品价值链在每一个环节的渗透。在投入方面,最显著的数字化发展是转基因种子和金融科技的创新。目前,尽管绝大多数的转基因种子还没有商业化,但大型农业公司为获得专利权竞争激烈。金融科技公司利用大范围的社会和环境数据评估小型家庭农场的授信资质并改善保险服务,加速了金融的普惠效应,推动了数字技术的全面投入与引用。在生产方面,精准农业装备、机器人、先进的农艺等提升了要素的使用效率。农场管理平台通过大数据分析和物联网、人工智能等数字技术,能够提供更精准的投入产出比,从而减少劳动,提高产出。在食品加工、存储、贸易环节,一些初创企业提供的数字交易平台将农民和购买商、农民和投入品供应商结合在

表1 数字农业生产方式的转变

| 农业数字化 | 技术进步与赋能 | 生产工具转变 | 作业方式转变 | 效率改进提升 |
|-------|---------|-----------------------|---|--------------------------------------|
| 数字产业化 | 公共产品供给 | 通信基础设施 | 技术应用、管理决策咨询的服务化 | 减少交易成本 |
| | 私人产品供给 | 信息通讯设备、信息技术与数据分析、交易平台 | 动植物生长模型供给;气候、环境、产出效益、环保规制等咨询服务 | 精准生产,市场预测与分析,资源更充分地利用,规避各种风险 |
| 产业化数字 | 智能设备 | 智慧农机、多功能机器人 | 精准作业,部分突破气候、环境限制 | 对资源更充分地利用,增加作业的时空 |
| | 生产监控 | 各种信息传感器 | 对动植物生长过程进行实时监控 | 增加对自然灾害的预防 |
| | 变量作业 | 基于数据和算法基础上的精准作业设备 | 根据动植物生长需要,在准确的地方、准确的时间,给予准确地投放和精准的数量,如农业喷洒、施肥、灌溉等 | 提高耕地、水资源、肥料、农药等资源利用效率,减少环境污染,实现绿色化生产 |
| | 物流与食品安全 | 基于区块链技术的智能设备 | 即时定位与全过程跟踪,定制化生产 | 保证质量安全,及时反馈消费者信息 |

资料来源:作者整理。

一起,最小化中间商的作用,将市场细分作为价值创造的来源。

农业数字化转型需要物资设备的更新和人力资本的提升。具体来看,主要包含一是资本设备投资,例如,计算机、机器人、各类传感器、变量作业装置、生产监控、全球导航系统和全球定位系统等;二是信息服务投资,例如,信息通信网络(互联网、物联网)、遥感技术、软件、云计算、智能手机等;三是知识和人力资本投资,例如,区域化农业生产的显性和隐性知识,农民接受、分析、使用信息的数字素养等。农业要素和农艺在其数字化赋能过程中表现为内置化的数字技术(Embodied Digital Technology)和非内置化的数字技术(Disembodied Digital Technology),前者如智能化机器装备、变量作业、机器人、传感器等,后者包括关于环境气候的公共信息服务、软件服务、决策咨询、农场信息管理系统等。

全球数字农业的转型发展并非整齐划一,而是根据资源禀赋、技术基础、农场特征和农民偏好,呈现出不同层次、不同形态、不同方式的发展路径。例如,发达国家的精准农业更多地采用智能设备、信息服务和变量作业技术(VRT)、全球导航系统(GNSS)和全球定位系统(GPS),而发展中国家数字农业更多地集中于基于互联网服务的信息咨询和网上交易。

(二)数字农业主体的兴起及发展

随着农业数字化转型进程的加快,以数字技术为特征的数字农业主体,在数字农业创新中开始居于主导地位。这些主体主要包括:传统的农业投入品(生产资料)供给者和农业机器跨国公司的数字化业务拓展;大型软件和数据跨国公司、信息通信技术公司对农业产业的渗透;非农业制造业的转型;数字科技农业初创企业。

1.大型跨国公司积极拓展数字农业

随着信息本身成为商业业务的重要领域,传统的生产资料、农业机械跨国公司经营不断扩展至数字技术领域,如拜耳、化工中国、杜邦、巴斯夫等跨国种子企业,美国约翰迪尔公司和凯斯纽荷兰公司、英国的Massey Ferguson公司等农业机械公司。这些公司不仅加大了数字技术研发力度,而且还不断收购数字初创企业,以增加自身数字化控制力,成为初创企业的孵化器和加速器。跨国公司数字

技术开发的目的在于不断强化其生产要素的效能与竞争力。例如,孟山都子公司收购了气候公司Climate Corporation,主要满足农户的气候环境咨询服务需求,从而更好地提升其种子的市场竞争力;约翰迪尔公司基于物联网技术与“3S”技术搭建新型精准农业管理系统,用于精细农作、农机管理、园艺管理和计划管理;凯斯纽荷兰公司的“先进农业”机器为农场主提供配套设备及技术服务;以色列的Tevatronic公司则致力于优化自动化灌溉和施肥系统的开发等。

2.信息公司不断渗透农业产业

信息通信技术公司对农业产业的渗透,主要表现在提供各种软件服务和构建信息交易平台。例如美国的IBM、Google、Facebook,德国的SAP,中国的阿里巴巴、百度、京东、腾讯等。信息公司对农业领域的扩展与渗透为农业的智慧化生产提供了极大的空间。非农业制造企业主要是指一些转向农业企业经营领域的机械制造企业,例如,德国的Bosch跨国机械工程公司拓展生产智能化的农业生产装备,为精准农业提供更为智能化的农业机器。信息公司对食品销售领域的渗透构成了现有食品体制的转型动力。来自技术部门的资本不断地对零售部门进行投资,数字化的出现使得技术公司通过线上零售极大地削弱了超市的市场地位。目前,除了全球顶尖的沃尔玛和Tesco零售商,亚马逊和阿里巴巴等也引入了网上零售食品店,依托大数据对消费者消费行为和偏好进行分析,亚马逊成为世界第十大食品零售商。

3.初创企业着力促进农业数字化的技术创新

农业数字初创企业是指为农场提供数字技术服务的中小企业,主要聚焦管理决策服务供给、商业模式的策划、信息技术服务等。根据美国CB Insights的数据显示,2017年全球有超过7亿美元的风险投资投向了农业科技企业。又据食品科技和农业科技风险投资公司AgFunder发布的《2017年全球农业食品科技投资报告》显示^①,2017年全球在农业和食品领域的投资额达到101亿美元,较2016年增加29%。投资领域主要包括农业生物技术、农业机器人与设备、农场管理软件、农产品交易市场等。我国2021年数字农业新基建服务平台前50强中,除了华为、阿里、腾讯、京东等少数几家大型企业,更多地表现为农业领域的数字初创企业,业务

集中在智能设备、电子商务、物联网、咨询平台、农业金融等服务领域。从国外实践来看,以色列农业科技初创企业更具有数字化服务的代表性,形成了包含数百家农业技术初创企业的生态系统,提供育种、温室、滴灌、施肥、机器人等智能装备和服务。据非营利性组织 Nation Central 的分析,截至2019年11月底,以色列注入农业技术公司的风险资本激增58%,达到2.65亿美元。

(三)农业数字化转型面临的挑战

农业数字化转型并非一蹴而就,而是一个不断引入、适应与完善的过程,全球数字农业发展面临的挑战主要包括以下几个方面。

首先,数字化转型的成败在根本上仍取决于成本效益的比较。数字化技术的前期需要大规模的成本投入,如果采用数字化技术的收益大于成本投入,则会采用数字技术,反之,则不会采用。一般来说,土地所有者的目标是利润最大化、效用最大化或损失最小化,期望的成本收益差异取决于农场主及农场的区位特征;数字技术的采用与否及其技术效益的高低取决于农场主决策标准、技术特征、农场特征、农场主的偏好以及相关的互补技术的可利用性。

其次,相应的公共基础设施投资现状。数字化技术的转型并不单是企业主体的投资,同时也需要政府在信息基础设施方面的公共投资配套。数字农业生产系统需要各种信息技术的支撑,例如气候、环境、水资源、作物信息、市场环境等数据和信息通信基础设施,具有公共产品的性质,需要政府投资供给。如果这些公共基础信息设施和公共数据不健全,则私人农场主的投资效益就会打折扣。

再次,农民的数字素养。数字农业与传统农业最核心的区别在于决策因素从“人”向“数据资源”的转变。农民决策依靠的是数据而不是直觉,数字农民变成了未来农业产业化的推动者。需要指出的是,因为数字技术各种组成要件变化的范围取决于投资与技能,前期投资包括资本成本、人力资本成本和学习成本,不同的信息技术的学习成本不同,有些技术具有很高的学习和信息成本。通常情况下,个体一般倾向于对社区内成员经验的学习,采用成功的实践经验,所以,获得中性的广泛的服务是建立技术信任、降低学习成本和保护农场主利益的关键。

最后,数据环境治理。数字经济时代,数据是

一种基础性和战略性资源,基于数据要素驱动的决策能够使传统要素效益倍增。数据要素具有非竞争性、边际收益递增和“公地悲剧”的特征,但同时,数据要素具有产权界定困难、价值释放的状态依赖以及平台交易的垄断特征,这又会使数据要素在与传统要素的融合过程中产生收益分配的不公平性,从而阻碍数据的生成与开放。如何根据数据要素的特征提供更加包容的商务环境,相应地提出了制度性变革的要求,这些商务环境包括数字基础设施、金融的可获得性、数字技术、监管环境。其中,监管环境又包括税收规则、合同执行、知识产权保护 and 贸易开放度等。

三、中国农业数字化转型发展的现实问题

中国数字农业发展除了面临上文所说的共性问题,还有两个全局性问题:一是农业资源的短缺和粮食供给的紧平衡,急需通过技术进步打破这一瓶颈;二是家庭承包责任制基本经营制度下的小农户经营面临转型发展的现实困难与约束,急需通过新的组织形式加以解决。因此,中国农业数字化转型发展不仅是技术应用的成本收益问题,更是数字技术基础上小农户与现代农业的有机衔接问题。

(一)中国农业数字化转型的先天不足

农业数字化转型是农业工业化基础上的产业革命和范式转型,由此决定了以家庭农户为组织主体的农业数字化转型的先天不足,从而使中国农业数字化转型面临适度规模经营与数字化转型的双重任务与困境。当然,数字化转型的困境部分来源于适度规模的困境,因为没有一定的经营规模,便无法承接数字化技术的基本要求。表2显示出中国农业细碎化情况的严重性,2011—2017年户均耕地面积仅从0.37公顷增至0.41公顷。党的十九大报告在农业的产业化发展方面,提出构建现代农业产业体系、生产体系和经营体系,实现小农户与现代农业发展的有机衔接。这一时期,我国家庭承包耕地转出面积和流转出承包耕地的农户数量快速增加,形成了部分新型农业经营主体。但是,由于新型农业经营主体还未占据主导地位,且剩余的家庭农户的户均耕地面积几乎维持在0.37公顷的不变规模,低于未流转前的户均耕地面积。所以,农业的细碎化经营状况并未得到根本改观。因此,就目

表2 2011—2017年中国家庭农户户均耕地面积

| 指标 \ 年份 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 家庭承包经营耕地面积(公顷) | 85156420 | 87363366 | 88472803 | 88583722 | 89491187 | 90926184 | 92334274 |
| 家庭承包经营农户数(户) | 228842901 | 229755106 | 230087994 | 230216634 | 230573741 | 228688419 | 226882493 |
| 户均耕地面积(公顷) | 0.37 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 0.39 | 0.40 | 0.41 |
| 家庭承包耕地流转总面积(公顷) | 15195556 | 18555605 | 22734681 | 26892978 | 29788910 | 31947205 | 27613699 |
| 流转出承包耕地的农户数(户) | 38767794 | 44388772 | 52610065 | 58329267 | 63295302 | 67889265 | 70705578 |
| 调整后的户均耕地面积(公顷) | 0.37 | 0.37 | 0.37 | 0.36 | 0.36 | 0.37 | 0.41 |

注:调整后的户均耕地面积=(家庭承包经营耕地面积-家庭承包耕地流转总面积)/(家庭承包经营的农户数-流转出承包耕地的农户数)。

数据来源:2012—2018年的《中国农业年鉴》。

前而言,中国农业生产的细碎化和产业组织处于原子形态的窘况仍然不利于数字技术的推广应用。

首先,生产的细碎化带来了技术引进与推广的高成本以及新型职业农民成长受阻。例如,由于耕地的细碎化和经营规模受限,日本部分农场无法承担高昂的数字技术成本。其次,产业组织的原子型态导致产业内创新动力不足,技术引进与推广的环境相对薄弱。现代市场经济和产业组织理论表明,完全竞争的原子型产业组织因企业盈利积累有限,不利于整个产业的创新;因创新不足和缺少链主型企业不利用价值链的构建与驱动。再次,生产的细碎化和产业组织的原子化导致农业食品产业链转型困难。例如,下游销售企业根据消费者对绿色化、差异化、标准化的食品要求,及时反馈到生产环节的农场中,但如果农场生产缺少一定的规模或平台,则很难快速有效地进行产品结构调整。

(二)数字农业的发展偏重于交易领域

当前,作为解决农产品销售难题的重要形式,农村电商在极短的时间内以新业态的面貌快速崛起。农村电商发展出现了B2B、B2C、C2B、C2C等多种模式以及京东、拼多多、盒马生鲜等各种平台,并通过各种交易契约带动物流、金融科技快速发展,使得农业数字化的转型首先出现在交易领域。从数字经济发展的轨迹看,中国农村电商的发展与数字经济的发展较为吻合,但是,多年来农业数字化一直集中于交易领域而非生产领域,更不是技术装备及投入品领域。例如,根据食品科技和农业科技风险投资公司AgFunder发布的《2022年全球农业

食品科技投资报告》显示^②,AgFunder 2021年并购的31起公司案例中,农场管理软件有15家,农场机器人4家,新型耕作系统5家,食品开发2家,电子杂货1家,中游技术1家,杂项(房地产)3家;购买方美国占20家,加拿大、以色列、巴西各2家,墨西哥、新加坡、法国、印度、意大利各1家。反观中国区域2020年最大的10家IPO公司,有6家是食品餐饮企业,1家中游技术粮油加工企业,3家生物技术企业。投资重点差异也反映出中国农业数字化渗透过度集中于交易领域的问题。

造成这种局面的原因,一是生产领域数字化需求有效市场容量较小。虽然中国农业食品拥有巨大的消费市场,但在农业生产领域并没有为数字化生产技术提供应有的市场。这种障碍主要源于偏小的农业生产规模和偏弱的农业产业组织。没有市场需求,无论是下游的互联网企业、平台企业,还是上游的农业投入品企业,普遍缺乏数字化技术发展的市场驱动力。二是数字技术创新的高投入属性。数字经济的根本在于数字技术,无论是有形的技术设备与工具,还是无形的算法与模型,其背后的支撑在于数字技术及其创新。这种创新需要大规模的研发投入,而具备投入资格的只有那些大型跨国公司或寡头垄断企业。总体上看,中国农业产业组织结构不具备寡头组织的产业特征,潜在创新力有限。三是数字治理的制度供给不足。数据是数字经济的核心资源,但是数据资源存在着确权困难与隐私保护的要求,从而产生了新的数字治理问题。四是数字素养的欠缺。数字技术与数据资源

利用需要具备一定的数字素养,而在这一方面,中国的新型职业农民急需提升。

(三)农业数字化转型存在收益风险

就微观主体而言,中国农业数字化转型发展遇到的首要问题是成本收益问题,并由此决定了农业主体数字化的转型意愿和动力不足。数字化转型前期需要大规模的投资,但数字技术的效率释放不仅取决于企业的私人投资,还取决于政府提供的数字基础设施的公共投资、劳动力的数字素养以及数字治理的制度供给等因素,由此决定前期投入的回流具有较大风险,很可能会成为沉淀投入。数字赋能不仅是技术赋能,本质上也是生产要素的再组合、生产方式的创新与组织结构的再造过程。中国农业转型的现实约束决定了转型发展必须采用诱致性变迁,也就是说,数据及其对传统要素的赋能都必须能够提升要素所有者的产出回报,否则,就会出现相关者的不合作问题。

四、中国农业数字化转型的未来出路

虽然中国农业数字化转型面临不少现实困难,但这并不影响数字化转型的总体发展趋势。与全球农业的数字化转型相比,中国农业数字化转型下一步应聚焦于技术创新、数字农业主体培育、生产领域的场景应用以及大规模的民间投资,从而真正实现生产方式的转变与要素效益的倍增,达到农业范式转型的根本目的。

(一)数字农业发展要更加重视技术创新

数字农业是产业数字化的内容,是在新的生产力基础上生产方式的再造,包括技术创新基础上先进生产力的引入与产业组织的重构。因此,必须从发展理念和战略上给予高度重视。

首先,要推进数字技术的持续创新。数字农业属于新的农业革命或范式转型,是颠覆性技术的引入,需要持续性的创新支持。这种创新既包括政府基础研发的投入,也包括企业私人研发的投入,且以企业私人研发投入为主。而要保证有效的研发投入,必须有寡头垄断企业,从而提出了寡头性产业组织的重构问题。其次,数字技术的引入需要大规模的技术投资。数字农业的技术投资包括基础设施的公共产品和具体生产工具的私人产品,一切投资都围绕着数据这一核心要素,包括数据的生

产、数据的传输、数据的挖掘、模型的构建和数据的应用等物质技术装备。再次,要持续推进产业组织的重构。现代产业组织既表现为产业内的组织结构(集中度),又表现为以产业链、价值链为依托的竞争载体。在产业内的组织结构上,寡头型的产业组织有利于产业的创新;在全球市场竞争中,以价值链为载体的产品竞争有利于分工与比较优势的发挥。目前,我国食品产业链体系中,无论是上游的投入品市场,中游的农业生产领域,还是下游的销售端,都还未普遍形成有创新力的寡头组织和有竞争力的国内链主企业驱动的价值链。因此,农业数字化转型迫切需要推进产业组织的重构。最后,要持续提升人力资本。数字技术是新一代的生产工具,需要农民重新掌握与之相应的数字技能,才能够将潜在的生产力转化为现实的生产力。这就提出了新一代农民人力资本的提升问题。所以,数字农业的发展也是农民数字素养的学习积累过程。

(二)农业数字化转型要积极引入新兴农业主体

农业数字化转型如果仅仅依靠适度规模的家庭农场主和小农户探索创新则很难实现,因此还需要农业之外新的经营主体的引入与推动。新兴农业主体需要具有一定的资本实力、数字化技术的研发能力以及多学科的知识融合研发与商业化运营能力。多学科知识的融合研发能力是数字农业的根本要求,数字农业必须结合现代农业、气候学、环境科学、基因遗传学等多学科知识,才能做到农业资源的效率倍增和绿色友好生产,并充分保证粮食安全。新兴农业经营主体大致可以分为两类:一类是中小型或初创科技企业,一类是互联网企业或大型企业构建的交易平台。中小型科技企业直接参与新型农业经营主体,并与之融合一道转型;交易平台则以其技术创新与开发为依托,通过提供技术服务的方式将新型农业经营主体纳入其主导的产品价值链或产业链中。从《互联网周刊》2020—2022年评估的“数字农业新基建服务平台50强”可以发现,交易平台主要由大型互联网企业和大型实体企业组建,如阿里、京东、腾讯、百度、拼多多、抖音、华为、中化农业、中粮信托、隆平高科等;初创科技企业类型主要由各种数字科技技术企业构成,如极飞科技、托普云农、大疆创新、启飞智能、卓感科技、睿畜科技等。

新兴农业主体必须与新型农业经营主体相融合。无论是新兴的科技农业主体,还是家庭农场、农民合作组织及农业企业等新型农业经营主体,都无法单独完成数字技术的引入与推广,必须基于现实情况将二者进行融合。一是数字赋能与农业转型相互促进。数字农业应当更好地促进小农户与现代农业的有机衔接,并在融合中逐步转变农业生产方式;同时,数字农业发展理念要与农业生产性服务业融合发展,提升小农生产能力,提升其参与数字农业价值链的力度。二是数字农业的发展离不开农业科技企业,但同时,农业科技企业也无法替代家庭农户。在这一转型过程中,形成了包含政府、企业、村集体、农民合作组织、家庭农户等相关者协同治理的新的产业组织,需要相关方积极参与。三是融合转型发展重在赋能。融合发展是利用新兴农业主体的数字技术改造新型农业经营主体生产方式的数字化转型过程。数字技术和土地资源分属两个主体但并未一体化,融合生产所形成的数据要素具有共同的支配使用权。所以,这种融合本质上是一种战略合作,这就要求在融合转型中首先要极大地提高要素收益,提供合作发展的基础,否则,则无法达成合作意愿。

(三)数字化转型的重心需要从交易领域转向生产领域

目前中国的农业数字化更多地集中于交易环节,交易环节是场景应用技术门槛相对较低的领域。交易环节引入数字化只是解决了农产品的市场问题,从循环的角度推动了农业的再生产,但是,并没有使数据要素渗透到生产领域实现传统要素效益倍增,也没有实现生产组织乃至整个农业产业组织的再造。因此,农业数字化转型需要从上下游两端向生产领域延伸。生产领域是数字革命重要的技术体现,是农业生产范式转型的根本。首先,数字技术对生产领域的渗透是对传统生产工具和设备的更新改造。这种改造涉及各类传感器与智能化设备的布设,数据的产生、收集、挖掘与分析,生产模型的构建、生产要素的精准投放与差异化产品的生产等。数字化技术只有渗透于生产领域,才能够使传统要素效益倍增,释放新的生产力,解决农业可持续发展所面临的各种问题。其次,数字技术只有渗透于生产领域才能更好地解决农业生产的气候、环境、可持续发展等外部性问题。数字技

术引入生产领域,可以实现对局部区域和全局区域的天气气候、生态环境、资源状况等公共资源进行有效的检测与数据共享,从而使农业的整个外部生态有一个根本的改观。第三,数字技术只有渗透于生产领域才能推动持续的创新。数字技术在生产领域的推广与应用并非一次完成,而是根据现实情况和新出现的问题不断地进行调整,这就提出了对数字技术和各类装备不断进行升级和改善的要求,倒逼技术的持续创新。

生产领域的数字化包括投入品的数字化、装备的数字化与价值链的重构。投入品主要是指农业生产上游所提供的各类投入品,包括种子、化肥、农药、生长素、营养素等。其数字化的内容是投入品的更高品质与数字化生产工艺的有效结合,其目的是达到精准的生产。装备是指各类传感器、无人机、无人驾驶车辆、机器人、各类检测装备等智能化的设备及其物联网平台。这类装备的数字化供给既体现出数字化技术与智能制造的水平,又保证了数据资源的有效利用。价值链的重构是基于产品供给和数字化技术,以数据为核心要素对各类生产者进行分工协作的再组合。产品价值链的重构是新的生产力释放的必然要求。

(四)农业数字化转型必须充分发挥企业投资主体的作用

数字化转型发展是指数字技术对产业的赋能升级,需要大规模的更新投资和创新投资。就一般意义而言,整个转型需要完备的数字基础设施、数字资本和应用场景,其中,数字资本既包括数字技术和设备的投资,又包括高数字素养的人力资本。在农业的数字化转型中,如果说数字基础设施可以由政府进行公共投资的话,那么各种数据采集传感设备与智能农机等数字资本则必须由私人投资,数字化应用场景也必须由私人企业自行开发。显然,就目前的农业生产经营主体而言,无论是家庭农户,还是家庭农场、农民合作组织和涉农企业等新型农业经营主体都无法单独承担农业数字化转型的重任。之所以要发挥数字科技企业投资主体的作用,是因为数字科技企业一方面拥有大规模的投资资金,另一方面拥有基本的数字技术,既具备数字化转型的投资能力,又能够承担数字化投资的沉淀风险。首先,数字科技企业能够满足数字化转型的技术研发能力,无论是智能化的装备,还是数字

化平台,或者是信息通信技术,都必须具有能够随着数字技术与农业实体经济的融合而持续投入的研发能力,包括不断开发和更新的智能机器、信息的收集与处理、动植物生长模型的进化、变量作业技术升级等。其次,能够承担固定投资的风险。前文分析已指出,数字化转型需要前期大规模的投资,但是,数字技术的效率释放需要一个过程,不仅取决于企业本身,还取决于数字生态环境,由此决定前期投入的回流有较大的风险,很可能会成为沉淀投入。而且投资过程中还存在“消耗性投入增长”的陷阱风险。所以没有一定的资本实力根本无法承担。此外,从熊彼特创新的角度看,数字化的转型就是一种创新,即产业组织和市场模式乃至产品的创新。在这一过程中,企业作为市场主体,最能甄别和把握创新方向,进而通过大规模的投资将创新成果转化为现实生产力,因此,科技企业投资更能把握转型中的关键环节和创新环节。

五、结语

随着全球人口的不断增长、气候环境的变化、农业绿色革命负面作用的加剧(水资源短缺、土壤沙化、温室气体排放等)以及收入增加带来的食品结构的改善,全球粮食安全和资源短缺问题日益凸显。数字化农业通过数字化技术的赋能能够使既有农业资源产生倍增效应,并在产出增加的情况下减少对生态环境的负面效应,从而使农业的数字化转型成为全球农业发展的共识。

数字农业是一次农业革命或范式转型,是信息化基础上生产方式的再造。数字技术及其物质装备和算法代表了先进的生产力,数字赋能既是生产力的更替,也是产业组织的重构和人力资本的提升。中国农业资源总体相对短缺和粮食供求的紧平衡提出了数字农业发展的紧迫性。同时,受家庭承包责任制基本农地制度下小规模经营的制约,以及农业经营主体对数字化农业技术和生产方式的认知与转型意愿的制约,中国农业发展表现出“规模化”和“数字化”的双重转型困境。实践中,中国的农业数字化又过于集中于交易领域,表现为电商的快速畸形发展。基于此,中国农业的数字化转型应聚焦生产领域。必须充分认识到数字农业是技术创新的产物,数字赋能只有进入生产领域才能充

分释放技术生产力,并促进数字技术的持续创新。这就要求在农业生产领域必须引入新兴数字科技农业主体,加大对农业领域数字技术的投资,通过投资结构的改变促进数字化的转型,具体的路径是促进新兴数字农业主体与新型农业经营主体的融合。数字化技术的引入不仅要既有的农业资源赋能增效,而且还要做到与当地政府、村集体组织、农民合作组织和农民种植户收益共享,实现数字农业的包容性发展。

注释

①AgFunder: Agrifoodtech Ivestment Report (2017), <https://agfunder.com>。②AgFunder: Agrifoodtech Ivestment Report (2022), <https://agfunder.com>。

参考文献

- [1]中国互联网络信息中心.第48次中国互联网发展状况统计报告[R].2021.
- [2]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(6).
- [3]张柏杨,刘佳颖,朱睿博.数字农业发展:国际经验、减排效应与金融支持——基于成都的案例研究[J].西南金融,2022(1).
- [4]中国互联网协会.中国互联网发展报告2022[R].2022.
- [5]经济合作与发展组织.数据驱动创新:经济增长和社会福利中的大数据[M].北京:电子工业出版社,2017.
- [6]中国信息通信研究院.中国数字经济发展白皮书(2021)[R].2021.
- [7]王林,刘佳蕊.国外农业信息化发展概况及启示[J].上海信息化,2021(7).
- [8]陈媛媛,游炯,幸泽峰,等.世界主要国家精准农业发展概况及对中国的发展建议[J].农业工程学报,2021(11).
- [9]林广毅,王应宽.初创企业视角下中美等国家农业信息科技发展的趋势[J].科技导报,2018(11).
- [10]于也雯,陈耿宣.中国数字经济发展的相关问题和政策建议[J].西南金融,2021(7).
- [11]叶紫,孙津歌.以色列创新农业与最新农业科技初创公司[J].上海商业,2021(6).
- [12]方向明,李姣媛.精准农业:发展效益、国际经验与中国实践[J].农业经济问题,2018(11).
- [13]中国科学技术发展战略研究院.国家创新指数报告2021[R].2022.
- [14]联合国粮农组织,浙江大学.数字农业报告:中国农村电商的发展经验[R].2021.
- [15]金建东,徐旭初.数字农业的实践逻辑、现实挑战与推进策略[J].农业现代化研究,2022(1).

- [16] 农业农村部信息中心课题组,王小兵,钟永玲.农业全产业链大数据的作用机理和建设路径研究[J].农业经济问题,2021(9).
- [17] 刘海启.加快数字农业建设为农业农村现代化增添新动能[J].中国农业资源与区划,2017(12).
- [18] 信乃谄.走向2020年的世界农业和农业科技(上)[J].世界农业,2008(1).
- [19] 关山月.2021数字农业新基建服务平台TOP50[J].互联网周刊,2021(13).
- [20] 陈章全,吴勇,陈世雄,等.德国精准农业做法及启示:以百年农场Gut Derenburg为例[J].中国农业资源与区划,2017(5).
- [21] 黄鹏,陈靓.数字经济全球化下的世界经济运行机制与规则构建:基于要素流动理论的视角[J].世界经济研究,2021(3).
- [22] Birner R, Thomas D, Carl P. Who Drives the Digital Revolution in Agriculture? A Review of Supply-side Trends, Players and Challenges [J]. Applied Economic Perspectives and Policy, 2020, 43.
- [23] Shepherd M, James T, Bruce S, et al. Priorities for Science to Overcome Hurdles Thwarting the Full Promise of the “Digital Agriculture” Revolution [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 100(14).
- [24] Lowenberg-DeBoer James, Bruce Erickson. Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption [J]. Agronomy Journal, 2019, 3(4).
- [25] Li Dongpo, Teruaki N, Yosuke C, et al. A Review of Smart Agriculture and Production Practices in Japanese Large-Scale Rice Farming [J]. Journal of Science Food Agriculture, 2022, 103(4).
- [26] Khanna Madhu. Digital Transformation of the Agricultural Sector: Pathways, Drivers and Policy Implications [J]. Applied Economic Perspectives and Policy, 2021, 43(4).
- [27] Prause L, Hackfort S, Lindgren M. Digitalization and the Third Food Regime [J]. Agriculture and Human Values, 2021, 38(3).

The Problems and Pathways of Digital Transformation of China's Agriculture

Peng Aotian An Xinli Zhang Liangyue

Abstract: The digital agriculture is not only the outcome of the development of information and communication technology, but also the inevitable requirement of modern agricultural development, and the transformation of a new agricultural paradigm. There are three problems among the digital transformation of China's agriculture, that is the congenital deficiency of the development of agricultural industrialization, the excessive concentration of the initial transformation in the trading field, and the lack of transformation power caused by the insignificant profit. Therefore, the development of China's agricultural digital transformation should pay more attention to technological innovation, focus on the production field, so as to completely release the digital technology productivity and promote the restructuring of agricultural industrial organizations on this basis. In the process of transformation and development, in addition to building information and communication infrastructure and institutional environment of digital economy, it is also necessary to vigorously introduce emerging agricultural entities such as digital technology enterprises, fully make the role of enterprise investment, and focus on promoting the integrated development of emerging agricultural entities and new agricultural business entities.

Key Words: Digital Agriculture; Emerging Agricultural Entities; Integration and Transformation

(责任编辑:文 锐)