

技术变革下的农业现代化:数字素养与农户家庭农业机械投入

赵雷,张海霞,庄天慧*



(四川农业大学 西部乡村振兴研究中心,四川 成都 611130)

摘要 在数字技术与农业生产深度融合的新阶段,数字素养对促进小农户与农业机械等现代农业技术有机结合具有深远影响。基于中国家庭追踪调查微观数据,实证检验了数字素养对农户家庭农业机械投入的影响,并从信息弥合、融资缓解和收入增长三个维度对其作用机制进行了探究。研究结果表明:数字素养对农户家庭农业机械投入具有促进效应,且这种影响在经过稳健性检验以及内生性检验后仍然成立。机制分析表明,数字素养通过打破信息约束,缓解农户的正规信贷约束,提升家庭人均收入水平,进而促进农户家庭农业机械投入。异质性分析表明,数字素养对不同区域特征和生产经营规模农户家庭农业机械投入的影响具有显著差异。据此认为,在数字赋能农业持续发展的新阶段,提升农户数字素养、强化农业生产中数字技术使用深度,可以有效促进农户家庭农业机械投入,为加快农业生产现代化转型提供重要支撑。

关键词 数字素养;农业机械投入;数字经济;农业现代化

中图分类号:F323.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-3456(2025)06-0047-12

DOI编码:10.13300/j.cnki.hnwxb.2025.06.005

科技装备强是农业强国的重要特征。习近平总书记强调:“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。”^①农业机械化作为农业现代化的重要组成部分,是建成社会主义现代化强国的战略布局,是转变传统农业生产方式实现农业强国的根本手段^[1]。而受限于区域发展水平和自然环境的客观约束,中国农业机械化发展不平衡不充分的问题突出,难以满足农业强国建设、支撑农业现代化发展的现实需求^[2]。近年来,我国农业机械化实现了跨越式发展,全国农作物耕种收综合机械化率达74.3%^②,农机作业水平不断提升,但与发达国家普遍90%左右的农业机械化水平相比仍有较大提升空间。当前,小农户仍然是我国最重要的农业经营主体,第三次农业普查数据显示^③,全国小农户数量占农业经营主体的98%以上,小农户经营耕地面积占总耕地面积的70%,而小农户户均拥有农业机械数量处于较低水平。即便在农业社会化服务快速发展的背景下,2023年仍有11000多万户小农户无法有效获得农业社会化服务^④。在农业社会化服务短期难以全面覆盖小农户的情况下,小农户的农机投入仍然是推进农业机械化的重要支撑。数字技术不仅为农业机械化发展提供强劲动力,而且为实现农业现代化转型带来机遇^[3-4]。随着农技装备数字

收稿日期:2024-11-29

基金项目:国家社会科学基金重点项目“县域富民产业促进乡村振兴重点帮扶县农村中低收入群体增收对策研究”(23AJY015);国家社会科学基金项目“民族地区农业转移人口生计支持的社会政策创新研究”(23BSH035);四川省哲学社会科学基金项目“新就业形态农民工高质量就业的生计困境与突破路径研究”(SCJJ24ND079)。

① 数据来源于求是网,https://www.qstheory.cn/llwx/2019-03/25/c_1124276799.htm.

② 数据来源于中国政府网,https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202412/content_6995260.htm.

③ 数据来源于国家统计局,<https://www.stats.gov.cn/sj/tjgb/nypcgb/qgnypcgb/>.

④ 数据来源于中华人民共和国农业农村部,https://www.moa.gov.cn/ztlz/ymksn/gmrbbd/202409/t20240925_6463355.htm.

*为通讯作者。

智能化水平持续升级,农户数字素养将对农技装备投入及采用等产生深远影响,厘清数字素养对农户家庭农业机械投入的影响及其内在机制,对于推进小农户与现代农业有机衔接具有重要的现实意义。

围绕农业机械化发展的研究,主要聚焦于要素替代以及要素流动两个层面。一方面农业劳动力的非农转化使得劳动力要素稀缺,要素价格上升推动农业经营主体选择更具生产效率的农机设备,以弥补劳动力缺失所造成的生产损失,同时家庭劳动力非农就业所带来的非农收入也能够满足农业机械化发展所需的资本投入^[5],但也有研究指出非农收入并不能满足自购农机的资金需求^[6],甚至还会向非农部门转移^[7];另一方面土地流转所形成的适度规模经营,对实现农业机械化生产具有直接作用^[8],但要受到地权稳定性的影响^[9],而农地确权的进一步明晰与细分也能促进农业机械化发展^[10]。相较于传统生产要素对农业机械化的影响,也有相关研究从数字经济和数字普惠金融等视角对农业机械化发展进行了探讨。一方面数字经济发展能够在需求端加快农业机械装备更新,提升农业机械的研发效率;在供给端打破信息垄断,拓宽农业机械市场规模^[3]。另一方面数字经济衍生的数字普惠金融能够有效改善传统金融的融资难点,拓宽农业部门的融资渠道,为农业机械化发展提供金融支持^[11]。

事实上,数字变革所带来的数字经济发展,使得数字技术与农业农村现代化发展深度耦合^[12-13]。数字技术的渗透能够有效优化传统经济结构,实现农村地区生产要素的最优配置^[14-15]。其调整农户生产投资行为的潜在效应取决于农户对数字技术的使用深度^[16],但根据《全民数字素养与技能发展水平调查报告(2024)》显示,农村居民的高级数字素养与技能占比仅为 9.53%。由此可见,在数字经济发展阶段,中国农村地区的数字鸿沟问题已经由数字技术使用的可及性转变为数字技术使用的深度,具体表现为农民数字素养的差别^[17]。农户数字素养提升能够最大化地发挥数字资源的优势效应,缩小数字技术的使用能力差距,弥合“二级”数字鸿沟,切实实现数字赋能^[18-19]。具体而言,数字素养可以提升个体数字技术的使用深度和数字参与能力,有助于其优化整合信息资源,精准捕捉市场趋势,动态识别发展机遇^[20-21],进而对农户的生产投资行为产生影响。

综上所述,数字变革是新发展阶段推动农业机械化发展的重要机遇,以往研究主要基于宏观视角探讨数字经济对农业机械化发展的影响效应,而在微观层面探讨农户数字素养对家庭农业机械投入的研究尚不充分。为此,基于 2020 年中国家庭追踪调查微观数据(China family panel studies,CF-PS),分析数字素养对农户家庭农业机械投入的影响效应及作用机制,研究和论证该问题对农业机械化发展和促进农业强国建设具有重要的现实意义。相较已有研究,本文试图从以下两个方面对现有研究进行拓展:一是本文从微观层面基于技术接受模型和托宾 q 理论构建理论分析框架,实证检验数字素养对农户家庭农业机械投入的影响及内在机制,研究论证数字素养是提升农户家庭农业机械投入的有效途径,是对已有相关文献的一个重要补充。二是本文考虑到自有农机与服务外包均是农户选择农业机械化生产的可行路径,基于自购农机与农机社会化服务相互补充视角,验证了数字素养对农户有效衔接现代农业的促进效应。本文研究能够为数字素养赋能农业现代化提供理论支撑与决策依据。

一、概念界定、理论分析与研究假设

1. 概念界定

数字素养是由 Gilster 于 1997 年首次提出,其定义为“理解电脑等数字媒体展示的数字资源以及信息所蕴含的真实含义的能力”^[22],强调的是在数字时代拥有信息传递和信息处理的能力。随后,Es-het-Alkalai 根据数字素养的模糊定义,构建了较为具体的数字素养测算框架^[23]。基于数字素养研究的不断深化以及影响的扩大,2018 年联合国教科文组织发布了《数字素养全球框架》,进一步明确了数字素养的测度范围,强调了数字时代提升公民数字素养的重要性。目前,对数字素养的微观测度并未达成统一标准,本文借鉴已有研究做法,根据《提升全民数字素养与技能行动纲要》中所提出的

数字生活、数字学习、数字工作以及数字创新四大应用场景,界定农民数字素养为基于四大数字应用场景下对生产生活等相关信息的获取、分析、整合以及使用的能力^[24]。

2. 理论分析与研究假设

Davis基于理性行为理论提出的技术接受模型表明,农户家庭农业机械投入的行为意向取决于行为态度和感知有用性,而行为态度由感知有用性和易用性共同决定,感知有用性和易用性又受外部变量影响^[25]。因此,数字素养作为外部变量对农户家庭农业机械投入的行为意向具有潜在影响,具体表现为数字素养具有人力资本积累效应^[26],农户通过数字媒介学习新知识、新技能能够有效提升个体认知能力,从而提高农户家庭对农业机械投入有用性和易用性的感知能力,进而促进农户家庭农业机械投入。但农户生产投资决策的前端感知并非充分必要条件,生产投资行为态度的转变更多地依赖于感知有用性和易用性所预期的产出和成本。进一步而言,托宾q理论强调生产投资决策制定取决于产出与成本的动态差距,依赖于对未来的预期,当生产投资决策处于动态演化阶段,经济个体将根据所掌握信息资源以及内外资金支持状况重新优化生产投资决策^[27]。由此可见,农户个体的信息获取、融资能力以及自有资金是转变农户生产投资决策行为意向的关键因素,数字素养提升有助于农户对数字技术的使用、处理以及创造新价值,削弱因信息差距而导致的交易壁垒,拓展外部融资能力,增加家庭收入,实现家庭生产要素的合理配置,进而通过改变农户参与各项经济活动的相对收益和成本来影响个体决策^[28],从而推动农户家庭农业机械投入。分析框架如图1所示。

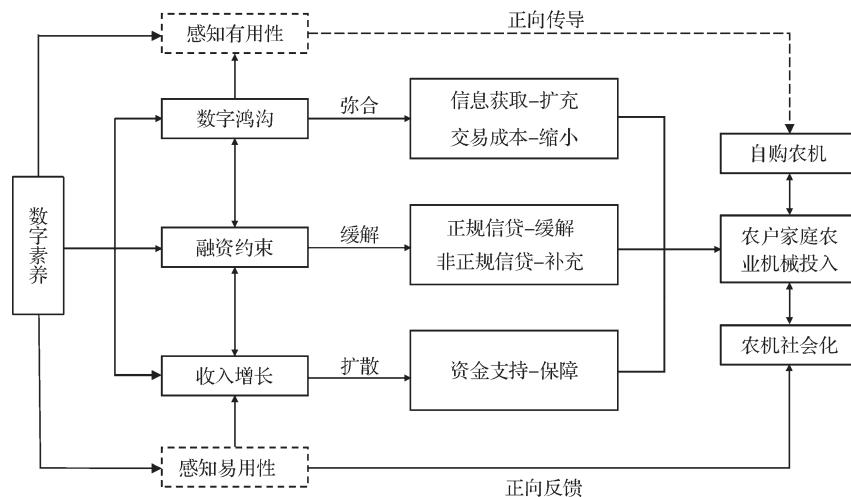


图1 数字素养与农户家庭农业机械投入的影响机制

一是数字鸿沟的弥合效应。信息搜寻理论强调生产成本以及信息获取是影响农户生产决策的重要因素。数字素养提升能够通过缓解信息约束,拓宽信息获取渠道等来有效优化农户的生产决策^[29]。因此数字素养提升能够弥合农户在市场交易中的信息不对称^[30],缓解因数字鸿沟而产生的信息差距^[31],从而打破信息壁垒,转变现有农业生产模式,进而实现农业机械化^[21]。具体表现为,数字素养提升能优化农户信息获取与处理能力,提高农户对农业机械信息的获取,降低因获取端和使用端而造成的准入门槛。同时,数字素养提升能够加快农户的信息迭代和接收能力,促进农户知识更新和人力资本积累^[17,32],推动传统小农模式向机械化生产转型。需要注意的是,信息搜寻理论同样强调生产成本是影响农户生产决策的核心因素。根据契约农业理论,在农业生产中的交易成本包括搜寻成本、获取成本和谈判成本^[33],农业机械作为农户生产过程中的要素投入,具有投资额相对较大的特点^[34],交易成本是制约农业机械化的关键因素^[35]。数字素养提升能否降低农户使用农业机械生产的交易成本,是实现农户农业机械化生产模式转变的关键所在。首先,数字素养提升能够降低农户实现农业机械化的搜寻成本,数字素养提升能够改善农户在市场信息交易中的弱势地位,从而减少需求端的信息搜寻成本;其次,数字素养提升能够降低农户实现农业机械化的获得成本和谈判成本,传统农业发展的区域空间性导致农户生产要素配置多局限于村镇县一级^[36],农机设备的供给和维护具

有一定的垄断性,农业机械化生产受限于卖方市场而面临较高的获得成本和谈判成本,而数字素养提升能够通过互联网等方式打破供给端的区域垄断,降低获得与谈判成本。

二是融资约束的缓解效应。农业生产所面临的自然灾害和市场波动的双重风险,决定了农业兼具弱质性和高风险性的特点。传统金融制度下正规金融基于风险排斥所考量的潜在违约,导致传统农贷市场上的金融排斥普遍存在,信贷约束是阻碍农户生产实现农业机械化转型的主要原因之一^[11,13,37]。理论上,数字素养的提升能够有效缓解农户信贷约束,推动农户实现农业机械化生产。具体表现为:一方面,数字素养提升有助于农户对数字金融的触及^[38]。数字素养提升能够通过数字技术使得农户实现对信贷市场的数字接入,可以使农户充分了解相关信贷产品以及准入要求,缓解正规金融的借贷约束。另一方面,数字素养提升有助于降低农户非正规金融约束阈值。作为传统金融触及底端的农村信贷市场,以社会网络为链接的非正规金融承担着风险分担以及资金补充的重要作用^[39]。农户数字素养提升从两个维度拓展社会网络:既强化血缘强关系,又构建非血缘弱关系。进而通过构建纵深分布的社会网络赋予非正规金融新属性—生产支撑,极大程度上改善了农户非正规金融的涉及范围,从而降低农户非正规金融约束阈值^[40],为实现农业机械化生产提供社会资金供给。

三是收入增长的扩散效应。收入是影响消费的重要因素,收入增长决定了家庭的消费决策^[41]。农业机械投入作为农户家庭固定资产投资往往面临较高的投资约束,收入增长可以有效缓解资金约束,是农户选择农业机械化生产的重要原因^[42]。数字素养提升能够通过实现农户非农就业、家庭资产合理配置、创业等有效提升农户家庭的工资性收入^[43]、财产性收入^[24]、经营性收入^[44],缩小农户内部收入差距^[12,45],为农户实现农业机械化生产奠定坚实的物质基础。基于上述分析提出以下假设:

- H₁:数字素养提升对农户家庭农业机械投入具有显著正向影响。
- H₂:数字素养提升通过缓解信息约束来促进农户家庭农业机械投入。
- H_{3a}:数字素养提升通过缓解正规金融的融资约束来促进农户家庭农业机械投入。
- H_{3b}:数字素养提升通过缓解非正规金融的融资约束来促进农户家庭农业机械投入。
- H₄:数字素养提升通过提高家庭收入来促进农户家庭农业机械投入。

二、数据来源、变量选取与模型设定

1. 数据来源

本文所使用的数据来自于2020年中国家庭追踪调查数据(CFPS)。CFPS是北京大学中国社会调查中心实施的一项旨在通过跟踪搜集个体、家庭、社区三个层面的数据,反映中国社会、经济、人口、教育和健康的变迁,样本包含25个省(自治区、直辖市),具有较强的代表性。为能有效揭示数字素养对农户家庭农业机械化投入的影响,在对个体、家庭与社区数据进行合并清洗过后,最终得到1967份数据。具体筛选过程如下:首先,因研究群体是对家庭生产决策具有一定话语权的主体以及具有实际的农业生产行为,使用户主样本并将年龄控制在16—80岁之间且家庭收入中农业收入为非零;其次,在剔除城镇居民后,对核心变量农业机械投入中的缺失值和异常值进行剔除;最后,对其余控制变量的缺失值和异常值进一步清洗。

2. 变量选取

(1)被解释变量:农业机械投入。农业社会化服务体系的构建在很大程度上推动了农业现代化发展^[46],但囿于小规模分散的家庭经营以及当前农业社会化服务组织的诸多困境^[47-48],农户在参与农业机械化生产中存在“用不上”和“用不起”的客观约束。而基于现实农情,农户购买大型农机是不经济的生产行为,农机服务外包仍然是理性选择^[49]。因此,考虑到自有农机与服务外包均是农户选择农业机械化生产的可行路径,从农户家庭自有农机的投入金额以及农业机械租赁费用总和来衡量微观

层面农户家庭农业机械投入水平^①。

(2)解释变量:数字素养。基于Eshet-Alkalai^[23]对数字素养的定义以及数字素养的实现场景^[24],本文借鉴已有研究做法^[50],以数字生活、数字学习、数字工作、数字创新四大场景为依托建立数字素养评价指标体系^②。相关指标如表1所示。

表1 数字素养评价框架及指标

一级指标	二级指标	三级指标	指标解释
数字生活	移动设备上网时长	您每天有多长时间使用移动设备上网?(分钟)	
	电脑上网时长	您每天有多长时间使用电脑上网?(分钟)	
	是否看短视频	包括观看小火山、抖音、快手、微视、斗鱼等。过去一周,是否看过短视频或直播类网络平台节目?	
	网络对休闲娱乐重要性	网络对您的休闲娱乐有多重要?1表示非常不重要;5表示非常重要	
数字素养	网络对与家人和朋友保持联系重要性	网络对您与家人和朋友保持联系有多重要?1表示非常不重要,5表示非常重要	
	是否网络学习	包括观看或收听“得到”“慕课”等平台的各类课程,或参加线上培训。过去一周,是否使用网络学习?	
	网络对学习重要性	网络对您的学习及获取资讯有多重要?1表示非常不重要;5表示非常重要	
	是否使用微信	过去一年,是否使用过微信?	
数字工作	网络对工作重要性	网络对您的工作有多重要?1表示非常不重要;5表示非常重要	
	是否网上购物	包括使用淘宝、微店、京东等在线购物平台或APP。过去一周是否在网上购物?	
数字创新	网络对日常生活重要性	网络对您的商业行为(包括购物、网络转账、使用网银等)有多重要?1表示非常不重要;5表示非常重要	

(3)控制变量。为减少因遗漏变量所导致的回归结果偏差,基于已有研究^[24],从个体特征、家庭特征、村庄特征三个层面选取相关控制变量。个体特征层面包括了户主年龄、性别、受教育程度、婚姻状况以及健康状况等;家庭特征层面包括了家庭人口规模、人情支出、家庭储蓄以及土地资产等,其中土地资产主要通过估算所得^③;村庄层面则选取了村庄地形。具体变量的定义及赋值和描述性统计见表2。

3. 模型设定

(1)基准回归模型。为考察数字素养对农户实现农业机械化的影响,本文选择的被解释变量为农业机械投入,核心解释变量为农户数字素养。此次研究中“农业机械投入”与“数字素养”为连续性变量,按照数据结构特点,本文使用OLS模型进行相关分析,具体模型设定如下:

$$AGRI_i = \alpha_0 + \beta_1 Digital_i + \beta_2 Ctr_i + \epsilon_i \quad (1)$$

式中, $AGRI_i$ 表示第 i 个农户的农业机械投入; $Digital_i$ 表示第 i 个农户的数字素养水平; Ctr_i 表示个体层面、家庭层面以及村庄层面的控制变量; α_0 为常数项, β_1 为农户家庭农业机械投入受数字素养的影响程度, ϵ_i 为残差项。考虑到模型中可能因互为因果、遗漏变量等而存在内生性问题,采用工具变量来解决该问题可能造成的回归偏误。

(2)机制检验模型。依据江艇^[51]和苏岚岚等^[52]的研究,本文检验核心解释变量对机制变量的影响,在模型(1)的基础上构建如下模型:

$$M_i = \alpha_0 + \gamma_1 Digital_i + \gamma_2 Ctr_i + \mu_i \quad (2)$$

式中, M_i 为机制变量, i 取值为 1、2、3、4、5 和 6, M_1 表示农户信息获取能力、 M_2 表示农户家庭藏书量、 M_3 表示银行贷款金额、 M_4 表示亲友借款金额、 M_5 表示民间借贷金额和 M_6 表示家庭人均收入, γ_1 和 γ_2 为待估参数, μ_i 为误差项。其余变量定义与模型(1)一致。

① 本文对因变量农业机械投入进行上下 1% 的缩尾处理。

② 本文在具体测量过程中使用熵值法进行测量分析。

③ 数据来源于中国家庭追踪调查(CFPS):<http://www.iss.smu.edu.cn/cfps/cjw/cfpsxkt/1295741.htm>.

表2 变量定义与描述性统计

变量类型	变量名称	变量定义及赋值	均值	标准差
因变量	农业机械投入	自有农机购入与农业机械租赁费用总和/元(取对数)	8.567	5.528
自变量	数字素养	由熵值法进行综合测算	0.166	0.166
	年龄	户主年龄	52.100	12.19
	性别	女=0;男=1	0.661	0.473
	受教育程度	文盲/半文盲=0;小学=1;初中=2;高中/中专/技校/职高=3;大专=4;大学本科=5;硕士=6;博士=7	0.486	1.009
	婚姻状况	已婚=1;未婚=0	0.911	0.284
控制变量	健康程度	不健康=1;一般=2;比较健康=3;很健康=4;非常健康=5	3.008	1.250
	家庭人口规模	家庭人口规模	4.350	2.022
	人情支出	人情支出/元(取对数)	6.999	2.438
	家庭储蓄	家庭储蓄/元(取对数)	6.889	4.714
	土地资产	土地资产/元(取对数)	10.300	1.993
	地形	高原=1;丘陵=2;平原=3	2.206	0.722
	信息获取	综合指标加总	11.150	3.891
	书籍	家庭藏书量/本	30.830	92.40
机制变量	银行贷款	待偿银行贷款金额/元(取对数)	1.237	3.448
	亲友借款	亲友借款待偿额/元(取对数)	1.423	3.554
	民间借贷	待偿民间借贷总额/元(取对数)	0.102	0.967
	家庭人均收入	家庭人均收入/元(取对数)	9.408	0.880

三、实证分析

1. 基准回归分析

本文运用stata16.0统计软件来验证数字素养对农户家庭农业机械投入的促进效应,为使回归结果更加准确,回归分析之前先进行多重共线性检验,结果显示各变量的方差膨胀因子(VIF)均小于5,表明模型不受多重共线性影响。为进一步缓解因遗漏变量所导致的回归偏误,采用逐步回归进行分析,同时所有模型控制省份虚拟变量,并使用稳健标准误,回归结果如表3所示。根据模型1到模型4的回归结果,在控制个体特征、家庭特征和村庄特征后,数字素养对农户家庭农业机械投入的影响均在1%的水平上显著为正,表明数字素养提升能够有效促进农户家庭农业机械投入,假设H₁得以验证。

2. 内生性处理:工具变量

前文分析表明数字素养对农户家庭农业机械投入具有显著的正向影响,但是该结果可能因为反向因果和其他遗漏变量而产生内生性问题从而导致回归结果的偏误。为确保估计结果的准确性,借鉴王汉杰^[13]的做法,选取工具变量进行两阶段最小二乘法(2SLS)回归。参考陈南旭等^[53]的研究做法,选取“家庭邮寄通信支出”作为本文的工具变量(IV)。一方面,构成数字素养的四大数字应用场景从广义上归属于通讯类范畴,因此家庭邮寄通信支出与个体数字素养存在较强的相关性;另一方面,家庭邮寄通信支出很难直接对农户家庭农业机械投入产生直接影响,因而符合外生性原则。表4报告了工具变量法的回归结果。从表4第(1)列的第一阶段回归结果可知,工具变量与潜在内生变量在1%的水平上显著为正,F统计值大于Cragg—Donald的临界值,表明家庭邮寄通信支出是较好的工具变量。表4的第(2)列的结果显示,使用工具变量后,数字素养对农户家庭农业机械投入的影响在1%水平上显著为正,与基准回归结果基本一致,数字素养提升能够促进农户家庭农业机械投入,假设H₁得到进一步验证。

进一步考虑到不可观测因素所导致的回归偏差,借鉴Altonji等^[54]的研究方法,通过可观测特征评估不可观测因素对回归结果的偏差影响。从表5结果可以发现,Ration的取值范围为3.004~

115.111,均超过现有建议的参考值1^[55]。基于上述结果,可以推断出本文不可观测的因素至少是已控制的可观测因素的3.004倍,从而导致无控制变量方程中数字素养系数存在显著偏差。因此,数字素养对农户家庭农业机械投入的影响不太可能受到不可观测因素的影响,这表明上述回归结果的稳健性。

3. 稳健性检验

(1) 替换核心解释变量。借鉴已有研究^[50],从农户个体的数字认知出发,基于CFPS2020问卷中“网络对日常生活重要性”“网络对学习重要性”“网络对工作重要性”“网络对休闲娱乐重要性”“网络对与家人和朋友保持联系重要性”5个问题对农户数字素养进行重新构建,具体为将五项指标的得分进行直接加总,以总得分表征农户的数字素养水平。结果如表6第(1)列所示,直接加总所得的数字素养对农户家庭农业机械投入的影响在5%的水平上显著为正,与前文估计结果基本一致,说明数字素养对农户家庭农业机械投入的估计结果可靠。

(2) 替换解释变量。基于农业机械应用对于能源消耗的基本特征,根据CFPS中“每月电费”和“每月燃油费”来衡量农户家庭农业机械投入强度。一般而言农户家庭具备较多的农业机械,其能源消耗程度越高,能源消费则越多。结果如表6第(2)列所示,数字素养对能源消耗费用的影响在1%的水平上显著为正,数字素养提升能有效促进农户家庭能源消耗费用,进一步论证了基准回归结果的可靠性,说明数字素养对农户家庭农业机械投入的估计结果稳健。

(3) 替换计量模型。为了避免因变量指标恒定而可能导致的伪回归,将因变量转换为0和1的二分类变量,具体为农户家庭农业机械投入均值以上取值为1,否则取值为0,并使用Probit模型进行回归分析。结果如表6第(3)列所示,数字素养对农户家庭农业机械化投入的影响在1%的水平上显著为正,与前文估计结果基本一致,说明数字素养对农户家庭农业机械投入的估计结果可靠。

4. 异质性分析

(1) 数字素养与农户家庭农业机械化投入:基于区域特征的差异性。区域经济发展水平、政策扶持力度及地形条件的差异,共同制约农业机械的应用与发展。以经济发展水平划分,源于改革开放后东部与中西部的发展失衡,探究数字素养能否缓解由此导致的农机发展差距具有现实意义。以政

表3 基准回归

变量	模型1	模型2	模型3	模型4
数字素养	5.225*** (0.723)	5.180*** (0.848)	3.960*** (0.840)	3.920*** (0.837)
年龄		-0.031** (0.015)	-0.019 (0.014)	-0.024* (0.014)
性别		0.647** (0.262)	0.420 (0.258)	0.410 (0.257)
受教育程度		-0.375** (0.173)	-0.331** (0.165)	-0.367** (0.165)
婚姻状况		2.061*** (0.390)	1.584*** (0.391)	1.520*** (0.389)
健康程度		0.164* (0.096)	0.104 (0.095)	0.097 (0.094)
家庭人口规模			0.061 (0.066)	0.063 (0.065)
人情支出			0.173*** (0.052)	0.171*** (0.052)
家庭储蓄			0.080*** (0.026)	0.082*** (0.026)
土地资产			0.432*** (0.071)	0.422*** (0.070)
地形				1.048*** (0.198)
省份虚拟变量	控制 5.806*** (0.512)	控制 5.223*** (1.168)	控制 -1.429 (1.413)	控制 -4.070*** (1.506)
常数项				
观测值	1967	1913	1913	1913
R ²	0.111	0.131	0.168	0.180

注: *、**和***分别表示在10%、5%和1%的水平上显著; 括号内为稳健标准误差; 下同。

表4 内生性检验 N=1913

变量	N=1913	
	(1)第一阶段	(2)第二阶段
数字素养		20.738*** (7.624)
家庭邮寄通信支出	0.015*** (0.003)	
常数项	0.159*** (0.034)	-7.760*** (2.267)
Cragg-Donald Wald F statistic		25.348
Kleibergen-Paap rk LM statistic		35.110
Kleibergen-Paap rk LM P-value		0.000
R ²	0.343	0.008

策扶持力度划分,源于自然资源分布差异形成的不同产区定位,粮食主产区享有更多补贴,需考察数字素养能否缓解政策差异带来的农机发展不均衡。以地形条件划分,源于农机应用受地形限制,需探讨数字素养能否突破地形制约促进农机推广。

基于前述分析本部分按照东中西衡量区域经济发展水平、按照是否为粮食主产区衡量政策扶持力度、按照是否为平原衡量地形条件,并以此进行分组回归分析,回归结果见表7。根据表7中(1)~(3)列的结果可知,数字素养在中部和西部对农户家庭农业机械投入的影响均在1%的水平上显著为正,而在东部地区并未产生显著影响,说明数字素养提升有效缓解区域经济发展水平差异而导致的农业机械发展失衡;表7中(4)~(5)列的结果显示,数字素养在粮食主产区和非粮食主产区对农户家庭农业机械投入的影响均在1%的水平上显著为正,数字素养在非粮食主产区对农户家庭农业机械投入的影响系数高于粮食主产区,说明数字素养提升弥合了因政策差异而导致的农业机械发展失衡;而表7中(6)~(7)列的结果显示,数字素养在平原地区和非平原地区均对农户家庭农业机械投入的影响在1%的水平上显著为正,但在平原地区影响效应大于非平原地区,说明尽管数字素养提升能够促进不同地形区域的农户家庭农业机械投入,但农业机械的实际应用仍然较多地依赖于地形条件,表明在后续的发展中要关注对山地丘陵农机的研发与应用。

表7 异质性分析:区域特征层面

	(1)东部	(2)中部	(3)西部	(4)粮食主产区	(5)非粮食主产区	(6)非平原	(7)平原
数字素养	1.670 (1.778)	5.463*** (1.433)	3.273*** (1.253)	3.603*** (1.173)	4.343*** (1.208)	3.507*** (1.318)	3.825*** (1.101)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份虚拟变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-1.405 (3.050)	-1.560 (2.308)	-3.785* (2.072)	-3.023 (1.861)	-2.174 (2.264)	-3.166 (2.083)	-3.486 (2.227)
观测值	571	628	714	1067	846	781	1132
R^2	0.127	0.233	0.208	0.196	0.167	0.193	0.175

(2)数字素养与农户家庭农业机械化投入:基于生产经营规模的差异性。农业机械化作为现代农业发展的重要物质基础和技术支撑,其投入水平与农户生产经营规模密切相关^[8]。一般认为不同规模经营主体在农业机械投入决策上呈现显著异质性,这种异质性主要源于资源禀赋约束和生产目标的差异。具体而言,小规模农业经营主体受限于土地细碎化、资本短缺以及劳动力机会成本较低等现实条件,农业机械投入的边际收益难以覆盖其边际成本,导致其农机投入意愿普遍较低。与之相对,大规模农业经营主体凭借土地集中连片、资本相对充裕以及劳动力成本高等特征,能够充分发挥农业机械的规模经济效应,因而具有更强的农机投入倾向。因此,数字素养提升能否在一定程度上克服规模约束,提高小规模农户家庭农业机械投入意愿,进而推动小农户有效衔接现代农业“大生产”具有重要的现实意义。基于上述分析,本文借鉴孟盟等^[56]对农业生产自给程度的划分,根据CFPS2020中土地资产的中位数来划分是否为小规模农户,其合理性在于中等自给程度和高等自给程度的土地资产均值分别为40105.67和20287.43,本文土地资产的中位数为38125处于中间偏上水

表5 不可观察变量的结果基于可观察变量的选择而产生偏差

表3中的控制模型	β^R	β^F	比率
模型(1)VS模型(2)	5.225	5.180	115.111
模型(1)VS模型(3)	5.225	3.960	3.130
模型(1)VS模型(4)	5.225	3.920	3.004
模型(2)VS模型(3)	5.180	3.960	3.246
模型(2)VS模型(4)	5.180	3.920	3.111
模型(3)VS模型(4)	3.960	3.920	98.000

表6 稳健性检验

变量	(1)模型1	(2)模型2	(3)模型3
数字素养	0.074** (0.030)	175.576*** (57.523)	0.901*** (0.217)
控制变量	控制	控制	控制
省份虚拟变量	控制	控制	控制
常数项	-4.466*** (1.587)	130.161 (95.580)	-2.270*** (0.407)
观测值	1913	1913	1906
R^2	0.173	0.087	
Pseudo R^2			0.105

平,而农业生产自给程度与生产规模具有正向关系,因此本文将土地资产小于等于中位数定义为小规模农户,反之则为大规模农户。根据表8中(1)(2)列的结果可知,数字素养在小规模农户和大规模农户中对农户家庭农业机械投入的影响分别在1%和5%的水平上显著为正,而在小规模农户中对农户家庭农业机械投入的显著程度和系数大小均高于大规模农户,这充分说明数字素养提升在一定程度上能够克服规模约束,缩小不同规模农业经营主体之间的农业机械投入差距。而进一步考虑到农业资本投入的阶段性^[49],本文将农业机械投入分为自购农机与农机租赁,由表8中(3)~(6)列的结果可知,无论是自购农机还是农机租赁,数字素养提升均能有效促进小规模农户加大农机投入。

表8 异质性分析:生产经营规模层面

变量	(1)小规模农户 农业机械投入	(2)大规模农户 农业机械投入	(3)小规模农户 自购农机	(4)大规模农户 自购农机	(5)小规模农户 农机租赁	(6)大规模农户 农机租赁
数字素养	4.659*** (1.266)	2.319** (1.082)	2.541** (1.059)	1.585* (0.879)	2.118*** (0.763)	0.734 (0.744)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份虚拟变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	0.130 (1.809)	-8.819** (3.490)	-2.067 (1.420)	-5.476** (2.680)	2.197* (1.158)	-3.343 (2.242)
观测值	958	955	958	955	958	955
R ²	0.149	0.225	0.124	0.132	0.162	0.244

5. 作用机制检验

(1)信息约束。信息约束是制约农户衔接现代农业,实现农业机械化发展的困境所在,而数字素养能有效促进农户自身信息获取能力的提升,缩小信息差距,推动农户家庭对农业机械投入^[21]。基于CFPS2020中受访农户对电视、互联网、报纸期刊以及广播作为信息获取渠道重要程度的相关问题,构建机制变量信息获取能力。将上述指标进行加总,得分越高表明农户获取信息的能力越强。回归结果如表9所示,第(1)列结果表示,数字素养对农户信息获取能力的影响在1%的水平上显著为正,表明数字素养能够有效提升农户信息获取能力,改善信息环境。同时,借鉴Hu等^[57]的研究,选取家庭藏书作为农户信息获取能力的另一指标,农户家庭藏书越多则代表农户愿意花费更多的时间进行阅读,其获取信息的能力越强。第(2)列结果表示,数字素养对农户家庭藏书数量的影响在5%的水平上显著为正,表明数字素养提升能够有效增加农户家庭藏书数量,这进一步论证数字素养提升能够有效提高农户的信息获取能力,缓解信息约束,从而论证了H₂假设。

表9 作用机制检验结果

N=1913

变量	(1)信息获取	(2)书籍	(3)银行贷款	(4)亲友借款	(5)民间借款	(6)家庭人均收入
数字素养	5.551*** (0.628)	32.623** (16.561)	1.846*** (0.663)	0.161 (0.624)	-0.185 (0.143)	0.839*** (0.130)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份虚拟变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	7.352*** (1.609)	-34.178 (22.692)	0.399 (0.960)	2.312** (1.002)	0.291 (0.222)	8.267*** (0.236)
R ²	0.125	0.037	0.094	0.064	0.025	0.199

(2)融资约束。前述理论分析表明数字素养能够有效缩小数字鸿沟,缓解农户在信贷市场上的外在约束。本文基于正规信贷与非正规信贷的双重视角剖析数字素养对农户家庭融资约束的缓解效应。首先,基于正规信贷属性特征,选取农户家庭银行贷款金额作为正规信贷所得,表9中第(3)列结果表明,数字素养对农户家庭银行贷款金额的影响在1%的水平上显著为正,表明数字素养的提升能够有效提高农户家庭正规信贷所得,充分缓解传统农贷市场上的金融排斥,H_{3a}假设得以验证;其次,基于非正规信贷属性特征,选取农户家庭亲友借款金额以及民间借款金额分别指代,表9中第(4)~(5)列结果表明,数字素养对农户家庭亲友借款以及民间借款的影响并不显著,H_{3b}假设得以证伪。

(3)增收效应。农业机械作为农户家庭生产性固定资产投资,具有较高的资金投入门槛,家庭收入水平直接决定了其实现农业机械化生产的程度。根据前文理论分析可知,数字素养通过提高农户家庭收入水平来间接实现农业机械化。为验证该推论,本文选取农户家庭人均收入(对数)作为机制变量进行回归分析,表9中(6)列结果显示,数字素养对农户家庭人均收入的影响在1%的水平上显著为正,表明数字素养的提升能够有效提高农户家庭人均收入,H₄假设得以验证。

四、结论与建议

在数字技术与农业生产深度融合的新阶段,数字素养提升成为破解农户家庭农业机械投入不足的新路径。本文采用2020年中国家庭追踪调查数据,实证检验了数字素养对农户家庭农业机械投入的影响。研究结果表明:数字素养提升显著提高了农户家庭农业机械投入,在经过稳健性检验以及内生性检验后,结论仍然成立。机制分析表明,数字素养能够通过打破信息约束、缓解农户的正规信贷约束、提升家庭人均收入水平,促进农户家庭农业机械投入。异质性分析表明,数字素养对不同的区域特征和生产经营规模的农户家庭农业机械投入的影响具有异质性。

在数字赋能农业持续发展的新阶段,为加快农业生产现代化转型,激发农户数字素养提升来促进家庭农业机械投入,本文提出以下建议:

(1)数字乡村建设不仅要注重对数字基础设施的建设,也要加强农户数字素养的培育提升。首先,要进一步构建农户数字素养的培训体系。政府部门应当充分正视农户数字素养以及数字参与能力的提升是转变传统小农生产方式的关键所在,要加大相关政策支持以及资金投入,鼓励社会部门加强数字培训,建立政府与社会部门的协同联动机制,形成以政府培训为主体,社会部门拓展为补充,进一步完善数字素养培训的有效供给;其次,要提高农民数字生活水平,满足农民数字技术采用的自我效能感,充分发挥农民的主体能动性,积极参与数字生活,提升数字工具的使用意愿;最后,要推动农民数字技能的进一步发展,构建现代农业服务体系以及多元培训体系,提高农民对数字化“新农具”的使用能力,推动数字服务和培训向农村地区延伸。

(2)数字素养培育不仅要关注区际差异性也要聚焦重点主体,实施精准培育。首先,在“东数西算”等数字转移工程实施背景下,要把握时代契机,着重发挥政府政策调控的有形之手,从顶层设计与市场出发培育中西部地区的数字生态,加强对个体数字素养的培育,进一步缩小区域间数字素养差异;其次,要合理引导不同生产经营规模农户的数字培训,相较于大规模农业经营主体,数字素养提升能够在小规模农业经营主体中获得更高的边际效用,因此,在具体的数字素养培训内容和方法上要根据不同的生产经营规模主体进行有针对性、聚焦性以及通俗性的调整。

(3)构建数字服务平台,缓解外在约束。机制分析表明数字素养通过缓解信息约束、释放融资约束以及推动收入增长来影响农户家庭农业机械投入。因此,政府部门可以建立专业数字服务平台,按照生产、生活、金融、就业、政策等板块整合相关信息,分门别类,降低农户的数字信息接入门槛,扩充农户信息源,为农户提供高质高效的信息要素,缓解农户有效衔接现代农业生产的外在约束。

参 考 文 献

- [1] 陈彦君.新中国农业现代化的早期探索——基于二十世纪五六十年代农业机械化研究[J].毛泽东邓小平理论研究,2024(5):73-82,108.
- [2] 陶素敏,曹光乔,应瑞瑶,等.农机制造业发展与农业生产技术效率——基于“空间溢出”和“后发追赶”效应的研究[J].中国农村经济,2023(10):112-135.
- [3] 覃朝晖,裴雪可,余思明,等.数字经济如何推动农业机械化水平提升?——基于劳动力转移视角[J].中国农业大学学报,2024,29(4):54-66.
- [4] 李文睿,周书俊.数字经济背景下我国农业生产方式变革:机理、矛盾与纾解[J].西安交通大学学报(社会科学版),2023,43(1):65-73.
- [5] 张琛,彭超,毛学峰.非农就业、农业机械化与农业种植结构调整[J].中国软科学,2022(6):62-71.

- [6] 苏卫良,刘承芳,张林秀.非农就业对农户家庭农业机械化服务影响研究[J].农业技术经济,2016(10):4-11.
- [7] DINKELMAN T, MARIOTTI M. The long-run effects of labor migration on human capital formation in communities of origin[J]. American economic journal: applied economics, 2016, 8(4):1-35.
- [8] 彭继权,吴海涛.土地流转对农户农业机械使用的影响[J].中国土地科学,2019,33(7):73-80.
- [9] 侯方安.农业机械化推进机制的影响因素分析及政策启示——兼论耕地细碎化经营方式对农业机械化的影响[J].中国农村观察,2008(5):42-48.
- [10] 李宁,汪险生,王舒娟,等.自购还是外包:农地确权如何影响农户的农业机械化选择?[J].中国农村经济,2019(6):54-75.
- [11] 孙学涛,于婷,于法稳.数字普惠金融对农业机械化的影响——来自中国1869个县域的证据[J].中国农村经济,2022(2):76-93.
- [12] 张锦华,游葭露.技术变革下的共同富裕:数字素养与农民工收入分配[J].财贸经济,2024,45(7):94-111.
- [13] 王汉杰.数字素养与农户收入:兼论数字不平等的形成[J].中国农村经济,2024(3):86-106.
- [14] 王开科,吴国兵,章贵军.数字经济发展改善了生产效率吗[J].经济学家,2020(10):24-34.
- [15] 张永奇,庄天慧,杨浩.数字经济下农业生产率悖论与破解之道研究——基于CLDS小农户数据的经验考察[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2023,44(7):92-104.
- [16] 李红莉,张露,张俊彪.数字化赋能如何影响农户化肥减量[J].农业技术经济,2025(6):109-126.
- [17] 马捷,宋一鸣.数字素养对农户绿色行为的影响[J].广西师范大学学报(哲学社会科学版),2025,61(3):114-127.
- [18] JAMES J. Confronting the scarcity of digital skills among the poor in developing countries[J]. Development policy review, 2021, 39(2):324-339.
- [19] 杨嵘均,操远范.论乡村数字赋能与数字鸿沟间的张力及其消解[J].南京农业大学学报(社会科学版),2021,21(5):31-40.
- [20] 胡鞍钢,王蔚,周绍杰,等.中国开创“新经济”——从缩小“数字鸿沟”到收获“数字红利”[J].国家行政学院学报,2016(3):4-13,2.
- [21] 杨玉珍,张雪珂.数字素养对小农户衔接现代农业的影响研究——基于黄河流域9省区1592户小农户的调查[J].经济经纬,2024,41(3):42-53.
- [22] GILSTER P. Digital literacy[M]. New York: Wiley Publishing, 1997.
- [23] ESHET-ALKALAI Y. Digital literacy: A conceptual framework for survival skills in the digital era[J]. Journal of educational multimedia and hypermedia, 2004, 13(1):93-106.
- [24] 单德朋,张永奇,王英.农户数字素养、财产性收入与共同富裕[J].中央民族大学学报(哲学社会科学版),2022,49(3):143-153.
- [25] DAVIS F D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology[J]. MIS quarterly, 1989: 319-340.
- [26] DIMAGGIO P, BONIKOWSKI B. Make money surfing the web? The impact of Internet use on the earnings of US workers[J]. American sociological review, 2008, 73(2):227-250.
- [27] 王端.现代宏观经济学中的投资理论及其最新发展[J].经济研究,2000(12):54-65,77.
- [28] 张景娜,张雪凯.互联网使用对农地转出决策的影响及机制研究——来自CFPS的微观证据[J].中国农村经济,2020(3):57-77.
- [29] 毛慧,刘树文,彭澎,等.数字推广与农户化肥减量——来自陕西省苹果主产区的实证分析[J].中国农村经济,2023(2):66-84.
- [30] 王海军,葛晨.数字素养促进了青年高质量充分就业吗?[J].上海财经大学学报,2024,26(3):49-64.
- [31] 华静,潘嗣同.数字素养鸿沟与农户收入不平等[J].华南农业大学学报(社会科学版),2024,23(3):35-47.
- [32] 李海舰,李燕.对经济新形态的认识:微观经济的视角[J].中国工业经济,2020(12):159-177.
- [33] WILLIAMSON O E. Transaction-cost economics: the governance of contractual relations[J]. The journal of law and economics, 1979, 22(2):233-261.
- [34] DE B A, MUELLER V, WOLDEHANNA T. Motives to remit: evidence from tracked internal migrants in Ethiopia[J]. World development, 2013, 50:13-23.
- [35] 张宗毅,杜志雄.农业生产性服务决策的经济分析——以农机作业服务为例[J].财贸经济,2018,39(4):146-160.
- [36] 李虹伟,钟涨宝.熟人服务:小农户农业生产性服务的优先选择[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2020,20(1):121-127.
- [37] 闫桂权,何玉成,张晓恒.数字普惠金融发展能否促进农业机械化——基于农机作业服务市场发展的视角[J].农业技术经济,2022(1):51-64.
- [38] 温涛,刘渊博.数字素养、金融知识与农户数字金融行为响应[J].财经问题研究,2023(2):50-64.
- [39] 章元,黄露露.社会网络、风险分担与家庭储蓄率——来自中国城镇居民的证据[J].经济学(季刊),2022,22(1):87-108.
- [40] 郭云南,张琳弋,姚洋.宗族网络、融资与农民自主创业[J].金融研究,2013(9):136-149.
- [41] KEYNES J M. The general theory of employment[J]. The quarterly journal of economics, 1937, 51(2):209-223.
- [42] 高延雷,张正岩,王志刚.城镇化提高了农业机械化水平吗?——来自中国31个省(区、市)的面板证据[J].经济经纬,2020,37(3):37-44.
- [43] 王乾坤,张春华,侯冠宇.数字素养、正规就业与工资性收入——基于CHFS微观数据的经验证据[J].海南大学学报(人文社会科学版),2024,42(5):140-150.

- [44] 李晓静,陈哲,夏显力.数字素养对农户创业行为的影响——基于空间杜宾模型的分析[J].中南财经政法大学学报,2022(1):123-134.
- [45] 洪俊杰,李研,杨曦.数字经济与收入差距:数字经济核心产业的视角[J].经济研究,2024,59(5):116-131.
- [46] 庄天慧,骆希.小农生产主要特征、困境及与现代农业有机衔接路径研究——基于四川省的实证研究[J].农村经济,2019,(11):8-18.
- [47] 钟真.社会化服务:新时代中国特色农业现代化的关键——基于理论与政策的梳理[J].政治经济学评论,2019,10(2):92-109.
- [48] 叶敬忠,豆书龙,张明皓.小农户和现代农业发展:如何有机衔接? [J].中国农村经济,2018(11):64-79.
- [49] 胡雯,张锦华,陈昭玖.小农户与大生产:农地规模与农业资本化——以农机作业服务为例[J].农业技术经济,2019(6):82-96.
- [50] ZHAO L, ZHANG Y Q, ZHANG H X. Research on the impact of digital literacy on farmer households' green cooking energy consumption: evidence from rural China[J]. International journal of environmental research and public health, 2022, 19(20):13464.
- [51] 江艇.因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J].中国工业经济,2022,(5):100-120.
- [52] 苏岚岚,彭艳玲,周红利.共同富裕背景下农户数字经济参与的收入效应及作用机制[J].中国农村经济,2024(8):145-165.
- [53] 陈南旭,李宇轩,吴继煜.从“拾遗补阙”到“不可替代”:数字素养对退休群体再就业转型的影响[J].人口研究,2024,48(4):51-68.
- [54] ALTONJI G J, ELDER E T, TABER R C. Selection on observed and unobserved variables: assessing the effectiveness of catholic schools[J]. Journal of political economy, 2005, 113(1):151-184.
- [55] NUNN N, WANTCHEKON L. The slave trade and the origins of mistrust in Africa[J]. The American economic review, 2011, 101(7):3221-3252.
- [56] 孟盟,于冷.服务与自营:农机技术采纳方式如何影响家庭劳动力配置——基于CFPS农户微观调查数据[J].农业技术经济,2024(6):69-89.
- [57] HU S, HE J, YANG C. Evaluating the impacts of the increasing block tariffs on residential electricity consumption in China[J]. Sustainable production and consumption, 2022, 29:180-187.

Agricultural Modernization under Technological Change: Digital Literacy and Farm Households Investment in Agricultural Machinery

ZHAO Lei, ZHANG Haixia, ZHUANG Tianhui

Abstract In the new stage where digital technology is deeply integrated with agricultural production, digital literacy plays a crucial role in facilitating the organic combination of smallholder farmers and modern agricultural technologies such as agricultural machinery. Based on the microdata from the China Family Panel Studies (CFPS2020), this paper empirically examines the impact of digital literacy on farm households' investment in agricultural machinery and explores its mechanisms from three dimensions: information bridging, financing alleviation, and income growth. The research findings indicate that digital literacy significantly promotes farm households' investment in agricultural machinery, and this effect remains valid after robustness and endogeneity tests. Mechanism analysis shows that digital literacy enhances investment in agricultural machinery by breaking information constraints, alleviating formal credit constraints for farmers, and increasing per capita household income. Heterogeneity analysis reveals that the impact of digital literacy on agricultural machinery investment varies significantly across different regions and farm operation scales. Therefore, this study suggests that in the new stage of digital empowerment for sustainable agricultural development, improving farmers' digital literacy and deepening the application of digital technology in agricultural production can effectively stimulate farm households' investment in agricultural machinery, thereby providing important support for accelerating the modernization of agricultural production.

Key words digital literacy; agricultural machinery investment; digital economy; agricultural modernization

(责任编辑:王 薇)