

DOI:10.3969/j.issn.1674-8131.2025.05.002

数字能力对农户采纳保护性耕作技术的影响

闫小欢,张浩楠

(西北农林科技大学 经济管理学院,陕西 杨凌 712100)

摘要:农户的数字能力增强不仅能降低其采纳保护性耕作技术的门槛和成本以及市场风险,还能提高其采纳保护性耕作技术的预期收益。采用2020—2023年在陕西和甘肃两省抽样调查的1 633份问卷数据,从数字技术接入、数字平台使用和数字信息获取3个维度评价农户的数字能力,运用Ordered Probit模型分析发现:农户的数字能力增强显著促进了其采纳保护性耕作技术;数字能力增强能够通过提升农户的绿色生产认知、降低农户的信息获取难度、提高农户的社会信任程度3条路径促进农户采纳保护性耕作技术;随着户主学历的提高、种植面积的减小、县域互联网普及率的提高,数字能力增强对农户采纳保护性耕作技术的促进作用逐渐加大;相比家庭农业收入占比较低的农户,数字能力增强对农业收入占比较高农户采纳保护性耕作技术具有更显著的促进作用。因此,应不断提升农户的数字能力,提高农户的绿色生产认知,完善农村数字基础设施,加快农村数字化发展,有效促进农户积极采纳保护性耕作技术。

关键词:数字能力;保护性耕作技术;绿色生产认知;信息获取;社会信任;数字平台

中图分类号:F323.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-8131(2025)05-0016-14

引用格式:闫小欢,张浩楠.数字能力对农户采纳保护性耕作技术的影响[J].西部论坛,2025,35(5):16-29.

YAN Xiao-huan, ZHANG Hao-nan. Impact of digital capability on farmers' adoption of conservation tillage techniques[J]. West Forum, 2025, 35(5): 16-29.

* 收稿日期:2025-04-17;修回日期:2025-07-12

基金项目:教育部人文社会科学研究规划基金项目(21YJA790070);财政部和农业农村部(CARS-28);陕西省自然科学基金项目(2024JC-YBMS-589);中央高校基本科研业务费人文社科专项(2452024317)。

作者简介:闫小欢(1981),女,陕西吴起人;副教授,博士,主要从事农业产业经济与农村区域发展研究;E-mail: xiaohuan.yan@nwsuaf.edu.cn。张浩楠(2001),通信作者,男,四川达州人;硕士研究生,主要从事农业产业经济研究;E-mail:1765376772@qq.com。

一、引言

保护性耕作技术是以减少土壤扰动和维护生态环境为核心的现代农业技术,相较于传统耕作技术,其在保护生物多样性、实现农业绿色生产、促进农业可持续发展等方面发挥着重要作用(苗贺等,2023)^[1]。保护性耕作技术强调轮作或间作,并通过秸秆覆盖或绿肥覆盖减少机械对土壤的破坏,从而增强生态系统抗逆性,在维持土壤孔隙度和微生物群落的同时减少土壤流失。使用保护性耕作技术还能够减少农机作业次数以及农机燃油消耗,在降低农业生产长期成本的同时减少面源污染,系统性解决传统农业的高能耗和高污染问题,推动农业生产向环境友好型转变。保护性耕作技术通过最小化土壤扰动和最大化地表覆盖,显著提升土壤蓄水能力并促进土壤有机质积累,从而改善土壤肥力(毛欢等,2021)^[2]。更多地使用保护性耕作技术能够有效抑制风蚀与水蚀现象,实现对农田生态系统的修复与保护(敖曼等,2021)^[3],并产生“既增效,又减排”的经济效应(邓远远等,2023)^[4]。因此,农户的保护性耕作技术采纳行为直接关系到国家粮食安全和农业可持续发展。

在现实农业生产过程中,农户是否采纳保护性耕作技术受到众多因素的影响,已有文献对此进行了深入探讨,包括:农户采纳保护性耕作技术是其感知利益和感知风险权衡的结果,感知利益和感知风险分别对农户采纳保护性耕作技术产生促进和抑制作用(王淇韬等,2021)^[5];农业保险能够降低农业生产过程中的风险,从而显著促进农户采纳保护性耕作技术(齐甜等,2023;李丹等,2025)^[6-7];合作社的组织支持能够激励参加合作社的农户积极采纳保护性耕作技术(张彤等,2023)^[8];政府的政策激励会有效提升农户采纳保护性耕作技术的概率(朱哲毅等,2025)^[9];农户自身在不同方面的认知会对其保护性耕作技术采纳行为产生不同程度的影响(刘洪彬等,2021;王全忠等,2024)^[10-11];等等。

在数字经济时代,随着数字技术的快速发展和不断普及,数字技术与农业生产的深度融合使得农户的数字能力对其技术采纳行为的影响日益凸显,一些文献也关注到数字能力(素养)对农户技术采纳的影响。孙子烨等(2024)^[12]研究发现,数字素养水平提高可以通过提升农户的数字金融响应和环境认知促进农户采纳绿色生产技术;董占奎等(2025)^[13]分析表明,数字素养提高能够通过提升农户的绿色认知和社会资本及信贷可得性对农户绿色生产技术采纳行为产生显著正向影响;郝昕媛等(2025)^[14]研究发现,数字能力增强能够通过提升农户技术认知、提高农户风险规避能力、推动农户专业化发展促进农户采纳绿色生产技术;熊飞雪等(2025)^[15]则认为,数字信息能力会通过提升农户的技术生态认知促进农户采纳绿色生产技术;贺亚琴等(2023)^[16]分析表明,数字素养的提升可以通过拓展农户社会网络提高农户有机肥替代技术采纳强度;杜凤君等(2024)^[17]研究发现,农户数字能力增强可以通过增加土地流转和提高机械化生产水平促进农户采纳农田碳汇技术。此外,数字素养提升还对数字技术应用促进农户绿色生产技术采纳具有正向调节作用(熊飞雪等,2025)^[18]。

总体来看,关于数字能力对农户技术采纳的研究还有待进一步深化,且缺乏专门针对保护性耕作技术采纳的实证分析。有鉴于此,本文在已有研究的基础上,探究农户的数字能力对其保护性耕作技术采纳行为的影响,并利用对陕西和甘肃两省1633户农户的抽样调研数据进行实证检验。本文的边际贡献主要包括:第一,从数字能力维度拓展了农户保护性耕作技术采纳行为的影响因素研究,为农户数字能力增强能够促进其采纳保护性耕作技术提供了经验证据;第二,从农户自身的技术认知、信息获取和社会信任3个方面探究了数字能力增强促进农户采纳保护性耕作技术的机制,有助于深入认识数字经济条件下农户技术采纳的内在机制;第三,进一步从户主学历、种植面积、家庭农业收入占比、县域互联网发展水平等方面考察了数字能力影响农户保护性耕作技术采纳行为的异质性,为充分发挥数字能力的

技术采纳促进效应提供了经验借鉴和政策启示。

二、理论分析与研究假说

1. 数字能力对农户采纳保护性耕作技术的影响

在数字化转型过程中,数字能力已成为一项基础性、综合性的跨领域核心素养,不仅是个体适应数字化社会的必备技能,更是信息时代的重要竞争力与战略资源。数字能力的提升使农户能够更高效地接触、分析和使用技术信息,并通过社会网络实现经验共享,这一过程降低了技术采纳过程中的信息不对称,缩短了技术从学习接触到决策采纳的周期。结合技术采纳的行为过程,本文将农户的数字能力分为数字技术接入能力、数字平台使用能力和数字信息获取能力,进而从这3个方面分析数字能力对农户采纳保护性耕作技术的影响。

第一,数字技术接入能力的影响。数字信息技术接入能力是指农户在农业生产经营和日常生活中接触并利用数字技术获取信息的能力。数字技术改变了信息获取方式,相较于传统的语言文字方式,农户通过接入数字技术获取信息的效率和质量大幅提升(杨冕等,2024)^[19],能够更便捷地获得保护性耕作技术的相关信息,减少信息匮乏的发生。同时,数字技术接入能加速保护性耕作技术采纳过程的网络化和智慧化,从而强化技术溢出效应,增加农户采纳保护性耕作技术的可能性。第二,数字平台使用能力的影响。数字平台使用能力是指农户通过操作和利用各类数字化服务平台改善其农业生产经营的综合能力。数字平台的使用可以弥合信息鸿沟,使信息大范围传播共享,有助于农户提高对保护性耕作技术的认知水平,并为农户采纳保护性耕作技术提供信息保障和技术支持;同时,数字平台的使用有利于农户拓展社交网络,积累线上人脉资源,从而获取更多保护性耕作技术的学习途径和信息支持(王凤羽等,2024)^[20]。第三,数字信息获取能力的影响。数字信息获取能力是指农户利用数字技术和数字渠道主动搜寻、筛选和应用各类农业信息的综合能力。数字信息获取能力的增强不仅可以避免农户产生保护性耕作技术与传统耕作方式无实质性差异的认知偏差,还可以帮助农户精准理解保护性耕作技术的要点与难点,克服传统信息渠道中的信息失真问题(黄晓慧等,2023)^[21],进而助力农户采纳保护性耕作技术。

进一步从成本收益角度来看,作为理性“经济人”的农户,其保护性耕作技术采纳行为最终取决于成本与收益的权衡。作为一种以可持续发展为目标的农业生产技术,保护性耕作技术的意义不仅在于可以带来经济效益,更重要的是具有显著的改善生态环境和资源质量的长期价值,数字能力提升能够提高农户对保护性耕作技术长期价值的认识,增强农户采纳保护性耕作技术的意愿。同时,数字能力提升使农户可以通过农业APP和短视频等各类数字平台更快地获取保护性耕作技术的详细操作指南、成功案例和效益数据等信息,使农户能够更有效地通过数字渠道了解绿色农产品的市场溢价,并更好地利用数字工具监测和分析采纳保护性耕作技术的长期收益,从而降低农户采纳保护性耕作技术的门槛和成本以及市场风险,提高农户采纳保护性耕作技术的预期收益,推动农户对采纳保护性耕作技术从“被动接受”转向“主动选择”。此外,先进农户常在微信群、抖音和快手等数字平台分享保护性耕作技术采纳效果,引发邻里学习模仿,形成“可见—可信—可学”的扩散链条,而这种通过数字化社会网络产生的示范效应对于数字能力较强的农户更为显著。

基于上述分析,本文提出假说H1:农户数字能力提升能够显著促进其采纳保护性耕作技术。

2. 数字能力促进农户采纳保护性耕作技术的机制

创新扩散理论认为,个体对新技术的采纳决策受到其认知特征、技术属性及社会网络等因素的复合影响。保护性耕作技术是典型的农业绿色生产技术,因而农户对其的采纳程度受农户对绿色生产的认知影响;农户采纳保护性耕作技术需要获取相关的技术和市场信息,因而农户可能因难以获取相关信息而放弃使用保护性耕作技术。此外,根据社会网络理论,个体行为受复杂社会关系的约束,农户的保护性耕作技术采纳行为还会受到社会网络状态的影响,而信任是社会网络形成的基础,决定着社会网络中成员之间的合作和协调关系。农户数字能力的增强有助于提升其知识吸收能力、适应性学习能力和资源重组能力,从而促使农户提高对农业绿色生产的认知水平、获得更多更有价值的保护性耕作技术信息、降低技术采纳过程的信息搜寻成本及信任成本(Yang et al., 2024)^[22]。基于此,本文主要从绿色认知、信息获取、社会信任3个方面探究数字能力影响农户采纳保护性耕作技术的机制。

第一,提升绿色生产认知机制。农户的数字能力与其对农业绿色生产的认知之间存在共生关系,随着数字能力的增强,农户对农业绿色生产的认识愈发深刻。为实现自身和家庭的可持续发展,数字能力强的农户会利用各类数字平台获取农业绿色生产技术信息,并借助智能传感器和大数据分析软件等数字工具实现农业生产的可视化,更直观地感受到农业绿色生产的经济与环境双重收益,不断强化对农业绿色生产的认知。同时,农户对农业绿色生产认知水平的提升有助于其采纳保护性耕作技术。根据技术—认知匹配理论,随着农户对绿色生产的认知水平的提升,其采纳保护性耕作技术的行为会从经验驱动转向认知驱动。比如,通过理解保护性耕作技术减少土壤侵蚀和提高土壤有机质含量的科学机理(刘洪彬等, 2021)^[10],农户能够克服传统耕作中“高产即最优”的认知偏差;通过成本收益核算,农户能够意识到保护性耕作技术虽然在初期会增加生产投入,但长期来看可以降低机械燃料和化肥使用量,从而减少农业生产成本。随着数字能力的不断提升,农户不断积累和更新农业绿色生产的知识和技术,进一步促进其采纳保护性耕作技术,实现农业可持续发展(樊晋璇等, 2022)^[23]。

由此,本文提出假说 H2:数字能力增强通过提升绿色生产认知促进农户采纳保护性耕作技术。

第二,降低信息获取难度。农业技术信息的有效传播是促进农户技术采纳的重要路径,但农户在获取农业技术信息过程中往往存在知识壁垒及渠道有限等障碍(崔钊达等, 2025)^[24],农户数字能力的增强则能够通过拓展信息传播渠道、提升信息匹配效率和强化信息可信度等方式降低其信息获取难度。数字能力较强的农户通常拥有较高的学习能力,能够通过持续的知识汲取增强信息甄别和处理能力,从而能够在复杂的信息环境中更快地获取更多有价值的信息。同时,具备较高数字能力的农户拥有更加多元化的信息渠道,不仅能熟练掌握现代化数字信息工具,还能灵活运用多种数字化平台,有效降低信息获取的片面性与时滞性。根据信息经济学理论,信息获取难度的降低会提升信息可及性、减少信息摩擦、提高信息匹配质量、降低决策延迟度(Nakano et al., 2018;王志辉等, 2021)^[25-26],可有效缓解农户与保护性耕作技术提供者之间的信息不对称。因此,农户数字能力越高,其信息获取效率越高,对保护性耕作技术的认知越全面,越有助于其采纳保护性耕作技术。

由此,本文提出假说 H3:数字能力增强通过降低信息获取难度促进农户采纳保护性耕作技术。

第三,提高社会信任程度机制。数字能力越高的农户对数字工具掌握的熟练程度越高,而熟练使用数字工具可以促进农户间的实时信息交换,减少因信息沟通不畅导致的社会信任缺失(盖豪等, 2019)^[27]。同时,数字化使各类行为更易被观察,农户使用数字平台产生的浏览数据和交易记录等数字

足迹能够形成可追溯的信用凭证,产生数字化声誉,激励农户采取守信行为。农户数字能力的增强可以通过使用现代化数字技术重构村庄社会网络的互动模式,增强信息透明度,强化声誉约束,提高农户之间行为可信预期,最终实现社会信任程度的提高。根据行为经济学理论,随着农户社会信任程度的提高,农户对保护性耕作技术的采纳程度也会相应提升(郭铖等,2015;余志刚等,2022)^[28-29]。在信息传递与知识扩散过程中,社会信任增强能够提升信息的可获得性和可信度,促进知识和技术的有效传播(刘丽等,2020)^[30];在社会信任度较高的村落中,农户更倾向于接受来自邻里、合作社和政府机构的信息,有助于克服因技术复杂性导致的认知壁垒(刘丽等,2020)^[31];社会信任使农户对亲友和政府推荐的保护性耕作技术产生使用惯性,即农户在保护性耕作技术使用过程中遇到困难(或在采纳初期未实现预期效果)时会倾向于继续使用(张童朝等,2020)^[32],从而帮助农户克服技术采纳初期的负面反馈。

由此,本文提出假说 H4:数字能力增强通过提高社会信任程度促进农户采纳保护性耕作技术。

三、实证检验设计

1. 数据来源

本文实证分析所用数据来自课题组在 2020—2023 年对陕西和甘肃两省农户开展的微观调查。选取这两地农户作为调研对象主要是基于以下原因:第一,陕西和甘肃两省属于优质苹果产区,且陕西白水、洛川以及甘肃静宁、灵台均为典型的黄土高原产区,而黄土高原水土流失严重,土壤易受侵蚀且肥力日渐下降,保护生态环境、维持水土平衡的任务艰巨。第二,苹果种植的产前和产后环节均能获得保护性耕作技术全程覆盖,缓控释肥技术、水肥一体化技术、测土配方技术和果园生草技术等与苹果生产环节联系紧密。第三,在调研区域内,苹果产业组织发展迅速,苹果龙头企业和农业专业合作社等产业组织能够很好地带动农户采纳保护性耕作技术。

课题组采用多阶段抽样和随机抽样相结合的方法,在陕西和甘肃两省苹果主产区内选取渭南市、延安市、平凉市和天水市作为调研区域,在调研区域内选取白水、洛川、静宁和灵台等 9 个样本县,在样本县内选取 41 个苹果种植乡镇,在每个样本乡镇内随机抽取农户作为访谈对象。通过入户访谈方式,面对面地对题项进行解释和问答,以确保问卷尽可能地反映实际情况;受访者为户主或家庭农业主要经营管理者,调研内容主要包含户主特征、家庭特征、数字能力、保护性耕作技术采纳情况等。共获得 2 054 份调查问卷,对变量缺失问卷和无效问卷进行剔除,最终得到有效问卷 1 633 份。

2. 模型构建

本次调查将保护性耕作技术分为缓控释肥技术、测土配方技术、水肥一体化技术和果园生草技术 4 种,因此,农户采纳保护性耕作技术的实际状况存在 5 种类型(不采纳、采纳 1 种、采纳 2 种、采纳 3 种、采纳 4 种)。由于被解释变量属于离散变量,本文采用 Ordered Probit 模型分析农户数字能力对其保护性耕作技术采纳行为的影响,构建如下基准模型:

$$Y_i = \alpha Digital_i + \beta KV_i + \varepsilon_i$$

其中,被解释变量(Y_i)“技术采纳行为”为第 i 个农户采纳保护性耕作技术的情况(不采纳任何技术赋值为 0,采纳任意 1 种赋值为 1,采纳任意 2 种赋值为 2,采纳任意 3 种赋值为 3,全部采纳赋值为 4),核心解释变量($Digital_i$)“数字能力”为第 i 个农户的数字能力水平, KV_i 表示一系列控制变量, ε_i 为随机误

差项。

为进一步探究数字能力影响农户保护性耕作技术采纳行为的机制,借鉴江艇(2022)^[33]的研究,在基准模型的基础上构建如下计量模型:

$$M=\gamma Digital_i+\delta KV_i+\varepsilon_i$$

其中, M 代表机制变量,其他变量与基准模型一致。

3. 变量测度

(1)农户数字能力评价。借鉴王小华等(2023)^[34]、杜凤君等(2024)^[17]、陈卫洪等(2024)^[35]的研究,从数字技术接入、数字平台使用和数字信息获取3个维度选取12个指标(详见表1),使用熵值法对样本农户的数字能力水平进行衡量。计算结果显示:样本农户中,数字能力最小值为0.023,最大值为0.987;其中,小于0.3的有389户(占23.8%),在0.3~0.6之间的有837户(占51.3%),在0.6~0.8之间的有311户(占19.1%),大于0.8的有96户(占5.8%)。

表1 农户数字能力评价指标

维度	具体指标	赋值方法	均值	标准差	权重
数字技术接入	是否有电脑	是=1 否=0	0.347	0.476	0.195
	是否安装宽带		0.655	0.475	0.087
	是否使用智能手机		0.919	0.271	0.019
数字平台使用	是否线上销售过苹果	是=1 否=0	0.244	0.430	0.259
	是否通过微信交流		0.900	0.300	0.023
	是否通过网络平台获取农业生产资料		0.576	0.494	0.108
数字信息获取	通过数字渠道获取国家农业政策信息的程度		3.268	1.405	0.051
	通过数字渠道找到想要的农业信息的程度	非常差=1	3.273	1.363	0.048
	通过数字渠道获取农业绿色生产信息的程度	差=2	3.157	1.403	0.057
	经常使用手机微信向他人询问农业生产问题的程度	一般=3	3.201	1.367	0.050
	了解关于农业生产的网站/主播的程度	好=4	3.103	1.371	0.056
	理解网络上的农业信息的程度	非常好=5	3.395	1.387	0.048

注:“数字信息获取”主要反映农户通过多种途径搜索与筛选农业信息的能力,具有一定主观性,且农户对信息的需求存在个体差异,难以通过客观指标进行全面测度,因此选用主观指标来评价。

(2)控制变量选取。借鉴高杨和牛子恒(2019)^[36]、王力田等(2023)^[37]的研究,选取10个控制变量(详见表2)。

(3)机制变量选取。根据前文理论分析,选取以下机制变量:一是“绿色生产认知”,根据样本农户对“认为农业绿色生产的重要性”题项的回答进行测度(采用李克特量表测度,重要性从低到高分别赋值1~5)。二是“信息获取难度”,用样本农户对“获取保护性耕作技术信息的困难程度”题项的回答进行测度(采用李克特量表测度,难度从低到高分别赋值1~5)。三是“社会信任程度”,用样本农户对“对村民的信任程度”题项的回答进行测度(采用李克特量表测度,难度从低到高分别赋值1~5)。

表 2 主要变量说明与描述性统计

变 量		变量说明	均值	标准差
被解释变量	技术采纳行为	农户采纳保护性耕作技术的情况(0~4)	1.702	1.124
核心解释变量	数字能力	见前文说明	0.460	0.198
控制变量	性别	受访者性别(男=1,女=0)	0.808	0.394
	年龄	受访者年龄(岁)	54.703	9.292
	家庭人口总数	受访者的家庭人口总数(人)	4.257	1.562
	苹果劳动力人数	受访者家庭中参与苹果种植的人数(人)	2.021	0.611
	上学年限	受访者的上学年限(年)	7.665	2.968
	苹果种植年限	受访者种植苹果的年限(年)	22.232	8.212
	是否加入合作社	受访者是否加入合作社(是=1,否=0)	0.495	0.501
	现有土地	受访者目前所拥有的土地(亩)	17.263	38.706
	年务农时间	受访者一年中的务农时间(月)	10.495	1.998
	地区虚拟变量	受访者所处地区(甘肃=0,陕西=1)	0.432	0.496
中介变量	绿色生产认知	受访者认为农业绿色生产的重要性(1~5)	3.202	1.364
	信息获取难度	受访者获取保护性耕作技术信息的困难程度(1~5)	3.107	1.431
	社会信任水平	受访者对村民的信任程度(1~5)	2.968	1.415

四、实证检验结果分析

1. 基准回归

基准模型回归结果见表3,“数字能力”对“技术采纳行为”的回归系数在1%的水平上显著为正,表明农户数字能力的提高对其保护性耕作技术采纳行为具有显著的正向影响,即数字能力增强促进了农户采纳保护性耕作技术,假说H1得到验证。为增强分析结果的可靠性,进一步构建“技术采纳意愿”变量(根据受访者对“您对保护性耕作技术的采纳意愿”题项的回答,非常不愿意赋值为1,不愿意赋值为2,一般赋值为3,愿意赋值为4,非常愿意赋值为5),将其作为被解释变量进行检验,结果显示,农户数字能力的提高对其保护性耕作技术采纳意愿也具有显著的正向影响,表明数字能力增强提升了农户采纳保护性耕作技术的意愿。

表 3 基准回归结果

变 量	技术采纳行为	技术采纳意愿
数字能力	1.069*** (0.138)	0.321** (0.137)
性别	0.144** (0.068)	0.046 (0.068)
年龄	0.001 (0.003)	-0.003 (0.003)
家庭人口总数	-0.023 (0.017)	-0.01 (0.017)
苹果劳动力人数	-0.012 (0.044)	0.034 (0.044)
上学年限	0.014 (0.001)	-0.006 (0.009)
苹果种植年限	0.010** (0.004)	0.001 (0.004)

续表 3

变 量	技术采纳行为	技术采纳意愿
是否加入合作社	0.112**(0.053)	-0.064(0.053)
现有土地	-0.001(0.001)	-0.001(0.001)
年务农时间	-0.017(0.013)	-0.008(0.013)
地区虚拟变量	0.133**(0.062)	0.055(0.062)
观测值	1 633	1 633

注:***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的统计水平上显著,括号内数值为标准误,下表同。

2. 稳健性检验

(1)工具变量法。为缓解基准模型中可能存在的遗漏变量、反向因果关系等内生性问题,采用工具变量法进行内生性处理。参考尹志超和张栋浩(2020)^[38]的研究思路,选取同一县域其他农户数字能力的均值作为“数字能力”的工具变量。同一地区的农户受到相似的经济、文化和社会等外部因素影响,数字能力会表现出同群效应,具有一定相关性,但其他农户的数字能力不会对农户的保护性耕作技术采纳行为产生直接影响,因此该变量满足工具变量的相关性和外生性条件。采用工具变量法的 CMP 回归结果见表 4 的(1)(2)列。Atanhrho 值在 1%的统计水平上显著,表明采用 CMP 进行内生性处理是合理的(刘军,2019)^[39];第一阶段估计的 F 值为 12.94,表明不存在弱工具变量问题,同时,工具变量的回归系数显著为正,说明工具变量与解释变量显著正相关;Wald 检验结果拒绝原假设,表明工具变量法选取合理;第二阶段的回归结果显示,在缓解内生性问题后,“数字能力增强促进了农户采纳保护性耕作技术”的结论依然成立。

表 4 稳健性检验结果

变 量	工具变量法		更换解释变量	剔除 60 岁以上样本	Ordered Logit 模型
	数字能力	技术采纳行为	技术采纳行为	技术采纳行为	技术采纳行为
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
工具变量	4.969*** (0.087)				
数字能力		3.442*** (0.751)		1.056*** (0.156)	1.826*** (0.240)
互联网普及率			2.351** (1.006)		
Atanhrho 值		-0.418*** (0.127)			
F 值	12.94***				
Wald 值		51.18***			
观测值	1 633	1 633	1 633	1 222	1 633

注:所有模型均控制了控制变量和地区虚拟变量,限于篇幅,控制变量估计结果略,下表同。

(2)更换解释变量。考虑到农户数字能力水平与其所处地区的互联网普及率密切相关,采用农户所在县域的互联网普及率替换“数字能力”,重新进行检验,回归结果见表 4 的(3)列。农户所在县域的互联网普及率提高显著促进了农户采纳保护性耕作技术,一定程度上印证了本文的分析结论。

(3)剔除年龄大于 60 岁的样本。考虑到年龄过大的农户使用数字平台的频率较低,获取数字信息

也较为困难,剔除年龄大于 60 岁的农户样本后重新进行检验,回归结果见表 4 的(4)列。“数字能力”的回归系数依然显著为正,表明基准回归的结果是稳健的。

(4)更换回归模型。由于被解释变量属于离散变量,将回归模型由 Ordered Probit 模型更改为 Ordered Logit 模型,重新进行检验,回归结果见表 4 的(5)列。“数字能力”的回归系数还是显著为正,再次表明基准回归结果具有良好的稳健性。

(5)倾向得分匹配。农户的数字能力和保护性耕作技术采纳行为之间可能存在自选择问题,而倾向得分匹配法是解决自选择问题的一种有效计量工具。本文根据是否采纳保护性耕作技术进行样本分组,以前述控制变量为协变量,分别采用近邻匹配、核匹配和半径匹配方法对样本进行倾向得分匹配。倾向得分匹配后的检验结果显示(见表 5),平均处理效应(ATT)显著为正,进一步表明数字能力增强对农户保护性耕作技术采纳行为具有显著的正向影响。

表 5 倾向得分匹配检验结果

匹配方法	近邻匹配(无放回)	核匹配(带宽 0.06)	半径匹配(半径 0.05)
ATT	2.007 ^{***} (0.060)	2.007 ^{***} (0.059)	1.991 ^{***} (0.059)
标准偏差	4.482	4.482	4.480
观测值	1 633	1 633	1 633

3. 机制检验

机制检验结果见表 6。从提升绿色生产认知机制来看,“数字能力”对“绿色生产认知”的回归系数显著为正,表明数字能力增强显著提升了农户的农业绿色生产认知。农业绿色生产认知的提升会推动农户不断积累和更新绿色生产知识和技术,并积极采纳保护性耕作技术。从降低信息获取难度机制来看,“数字能力”对“信息获取难度”的回归系数显著为负,表明数字能力增强显著降低了农户的信息获取难度。信息获取难度的降低意味着农户的信息获取渠道拓宽、信息搜寻时间缩短,有助于农户了解和學習更多更先进的保护性耕作技术,提高农户采纳保护性耕作技术的效率和收益,从而激励农户采纳更多保护性耕作技术。从提高社会信任程度机制来看,“数字能力”对“社会信任程度”的回归系数显著为正,表明数字能力增强显著提高了农户的社会信任程度。社会信任程度的提高会促进农户的互相交流学习,有利于保护性耕作技术的采纳和推广。由此,假说 H2、H3 和 H4 得证,数字能力增强能够通过提升农户的绿色生产认知、降低农户的信息获取难度、提高农户的社会信任程度促进农户采纳保护性耕作技术。

表 6 机制检验结果

变 量	绿色生产认知	信息获取难度	社会信任程度
数字能力	0.503 ^{***} (0.138)	-0.348 ^{**} (0.137)	0.340 ^{**} (0.137)
观测值	1 633	1 633	1 633

4. 进一步讨论:异质性分析

(1)户主学历异质性。考虑到农户的数字能力和保护性耕作技术采纳行为均受其受教育程度的影响,借鉴潘子纯等(2025)^[40]的方法,根据户主上学年限将样本划分为“低学历农户”(上学年限小于等于

6年)、“中学学历农户”(上学年限大于6年小于等于9年)、“高学历农户”(上学年限大于9年)3组,分组检验结果见表7的(1)(2)(3)列。3组样本“数字能力”的回归系数均显著为正,从系数大小来看,“低学历农户”组<“中学学历农户”组<“高学历农户”,且组间系数差异检验(费舍尔组合检验)抽样1000次的P值(0.012)拒绝无差异的原假设,表明随着户主学历的提高,数字能力提高对农户保护性耕作技术采纳行为的促进作用会增强。这可能是因为,受教育程度越高(上学时间越长)的农户在数字技术应用方面越有优势,越能获取和学习相关技术信息,也越有机会和能力进行数字化生产。因此,户主的学历越高,数字能力增强对农户采纳保护性耕作技术的促进作用越大。

表 7 异质性分析结果

变 量	户主学历异质性			种植面积异质性		
	低学历农户	中学学历农户	高学历农户	小规模农户	中规模农户	大规模农户
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
数字能力	0.607 ** (0.246)	1.274 *** (0.199)	1.417 *** (0.326)	1.432 *** (0.220)	0.977 *** (0.266)	0.593 ** (0.244)
观测值	524	786	323	641	432	560
经验 P 值	0.012 **			0.059 *		
变 量	农业收入占比异质性		县域互联网发展异质性			
	农业收入占比较低	农业收入占比较高	低互联网水平	中互联网水平	高互联网水平	
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
数字能力	0.642 ** (0.258)	1.259 *** (0.164)	0.874 (0.598)	0.668 ** (0.276)	1.022 *** (0.195)	
观测值	453	1 180	355	431	847	
经验 P 值	0.062 *		0.036 **			

(2)种植面积异质性。考虑到农业技术的应用与种植规模密切相关,农户的技术采纳行为受其种植面积的影响,参考薛信阳等(2023)^[41]的做法,根据种植面积将样本划分为“小规模农户”(种植面积小于等于20亩)、“中规模农户”(种植面积大于20亩小于等于40亩)、“大规模农户”(种植面积大于40亩)3组,分组检验结果见表7的(4)(5)(6)列。3组样本“数字能力”的回归系数均显著为正,从系数大小来看,“小规模农户”组>“中规模农户”组>“大规模农户”,且组间系数差异检验(费舍尔组合检验)抽样1000次的P值(0.059)拒绝无差异的原假设,表明随着种植面积的增加,数字能力增强对农户保护性耕作技术采纳行为的促进作用会减弱。其原因可能在于,大规模农户往往形成了固定的耕作模式,对传统种植技术的路径依赖较强,技术转型的风险也较大,而中小规模农户具有较大的灵活性,技术转型的成本和风险较小。因此,相比种植规模较大的农户,数字能力增强会促使种植规模较小的农户更快地采纳更多的保护性耕作技术。

(3)农业收入占比异质性。考虑到农户兼业化发展日益普遍,而家庭收入结构的变化会影响农户的农业投入及农业技术采纳行为,借鉴陈江华等(2025)^[42]的研究,根据家庭农业收入占比的平均值将样本划分为“农业收入占比较低”和“农业收入占比较高”两组,分组检验结果见表7的(7)(8)列。两组样本“数字能力”的回归系数均显著为正,从系数大小来看,“农业收入占比较高”组大于“农业收入占比较低”组,且组间系数差异检验(费舍尔组合检验)抽样1000次的P值(0.062)拒绝无差异的原假设,表明数字能力增强对农业收入占比较高农户采纳保护性耕作技术的促进作用更大。这可能是因为,农业收入在家庭总收入中的占比越高,农户的经济来源越依赖于农业,对于农业生产效率的提升越重视,也就

会更加充分地利用数字能力改进农业生产技术,从而更多地采纳保护性耕作技术,以获取更多的农业收益,而农业收入占比较低的农户则可能将数字能力更多地用于提升非农收入。

(4) 县域互联网发展异质性。考虑到互联网作为重要的数字基础设施,对农户的数字能力和技术采纳均具有重要影响,根据北京大学新农村发展研究院联合阿里研究院发布的《县域数字乡村指数 2020》中互联网普及率数据将样本划分为“低互联网水平”(所在县域互联网普及率低于 55%)、“中互联网水平”(所在县域互联网普及率在 55%到 70%之间)、“高互联网水平”(所在县域互联网普及率高于 70%)3 组,分组检验结果见表 7 的(9)(10)(11)列。在互联网发展水平较低的县域,农户的数字能力对其保护性耕作技术采纳行为没有显著影响;在互联网发展水平中等和较高的县域,数字能力增强显著促进了农户采纳保护性耕作技术,其中“高互联网水平”组的系数显著性和绝对值均大于“中互联网水平”组(组间系数差异显著),表明随着县域互联网的不断发展,数字能力提升对农户采纳保护性耕作技术的促进作用也逐渐增强。这可能是因为,互联网的应用有助于技术推广,互联网普及率提高使农户能更便捷地获取保护性耕作技术的相关信息,进而可以更好地利用数字能力采纳保护性耕作技术。

五、结论与启示

本文利用课题组在 2020—2023 年对陕西和甘肃两省农户抽样调查的 1 633 份问卷数据,基于数字技术接入、数字平台使用和数字信息获取 3 个维度(共 12 个指标)评价农户的数字能力,进而运用 Ordered Probit 模型检验数字能力对农户保护性耕作技术采纳行为的影响及其机制,研究发现:第一,农户的数字能力增强显著促进了其采纳保护性耕作技术,该结论在经过工具变量法、更换解释变量、更换回归模型、剔除部分特殊样本等稳健性检验后依然成立。第二,数字能力的增强能够通过提升农户的绿色生产认知、降低农户的信息获取难度、提高农户的社会信任程度 3 条路径促进农户采纳保护性耕作技术。第三,户主学历越高,数字能力增强对农户采纳保护性耕作技术的促进作用越大;种植面积越大,数字能力增强对农户采纳保护性耕作技术的促进作用越小;相比农业收入占比较低的农户,数字能力增强对农业收入占比较高农户采纳保护性耕作技术具有更显著的促进作用;县域互联网发展水平越高,数字能力增强对农户采纳保护性耕作技术的促进作用越大。

基于上述结论,本文得到以下启示:第一,建立和完善系统化的培训体系,不断提升农户数字能力。应定期开展数字技能培训,利用远程教育平台和农业广播电视等资源,帮助农户进一步掌握现代数字知识和技术;并应基于农户需求进行分层分类培训,根据农户的年龄、受教育水平及生产规模等开展差异化培训。第二,加强绿色发展宣传教育,提高农户绿色生产认知。比如:针对不同作物设计绿色生产手册,帮助农户采纳适宜的保护性耕作技术;打造可视化案例,建立绿色生产农业示范园区,让农户直观感受绿色生产的效益;利用数字化工具推广保护性耕作技术,在村委会或农资店设置数字信息屏,滚动播放病虫害预警和绿色生产政策等信息;培训村级数字信息员,帮助农户解读相关政策,降低农户在生产过程中的信息成本。第三,完善农村数字基础设施,加快农村数字化发展。积极推进“光纤入户+5G 基站”双轨部署,重点突破偏远地区网络盲区;支持电力、交通等基础设施进行数字化改造,整合不同部门涉农资源,构建智能电网、物联网种养监控系统、农产品溯源系统等现代化数字体系;加快农业生产智能化和农村物流数字化,积极建设农产品电商直播基地和县域智慧物流枢纽。第四,采取差异化措施,有效激励各类群体积极采纳保护性耕作技术。优先支持受教育程度较高的农户,为其提供技术培训补贴,发挥其数字能力优势;针对农业收入占比较高的农户,激励其将保护性耕作技术与高附加值作物种植相结合,有效提升其经济收入;在数字发展水平较高的地区打造数字农业示范区,探索可复制的保护性耕

作技术推广模式;为种植面积大、种植年限长的农户提供“技术转型过渡期”补贴,降低技术转换对其短期生产和收益的不利影响,增强其采纳保护性耕作技术等新技术的内生动力。

参考文献:

- [1] 苗贺,袁磊,杨森茵,等.基于¹⁵N示踪的东北黑土地保护性耕作农田减氮增产调控机制[J].应用生态学报,2023,34(4):876-882.
- [2] 毛欢,罗小锋,唐林,等.多项绿色生产技术的采纳决策:影响因素及相关性分析[J].中国农业大学学报,2021,26(6):231-244.
- [3] 敖曼,张旭东,关义新.东北黑土保护性耕作技术的研究与实践[J].中国科学院院刊,2021,36(10):1203-1215.
- [4] 邓远远,朱俊峰.保护性耕作技术对粮食生产效率和环境效率的提升效应[J].中国人口资源与环境,2023,33(12):218-228.
- [5] 王洪韬,郭翔宇,刘二阳.基于感知价值的东北黑土区农户保护性耕作技术采用行为[J].中国农业大学学报,2021,26(7):172-181.
- [6] 齐甜,畅倩,姚柳杨,等.农业保险促进保护性耕作了吗?——以三大粮食主产区为例[J].干旱区资源与环境,2023,37(7):75-83.
- [7] 李丹,李春澎,魏帅.农业保险促进了农户采用保护性耕作技术吗?[J].中国农机化学报,2025,46(9):315-325.
- [8] 张彤,郎亮明,陆迁.组织支持激励保护性耕作技术采用效应与路径——基于北方瓜果种植户的实证研究[J].农业技术经济,2023(3):124-144.
- [9] 朱哲毅,施芳,宁可,等.政策激励对农户保护性耕作技术采纳行为的影响——基于要素质量和时间偏好的视角[J].浙江农业学报,2025,37(5):1172-1181.
- [10] 刘洪彬,吴梦瑶,马贤磊,等.基于分布式认知理论的农户保护性耕作技术采纳行为及其影响因素研究[J].中国土地科学,2021,35(10):75-84.
- [11] 王全忠,朱赛,周宏.权责主体认知偏移对农户耕地保护技术选择偏好的机制研究[J].南京农业大学学报(社会科学版),2024,24(4):75-88.
- [12] 孙子辉,宫思羽,余志刚.数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响[J].中国农业大学学报,2024,29(4):12-26.
- [13] 董占奎,董飞燕,李思逸.数字素养对农户绿色生产技术采纳行为的影响及其机制研究:基于CLES混合截面数据的实证分析[J/OL].生态与农村环境学报,1-14(2025-07-04). <https://doi.org/10.19741/j.issn.1673-4831.2025.0326>.
- [14] 郝昕媛,王玉,张恒,等.数字能力对农户绿色生产技术采纳的影响研究——以黄河流域中上游地区为例[J/OL].农业现代化研究,1-17(2025-09-03). <https://doi.org/10.13872/j.1000-0275.2025.0640>.
- [15] 熊飞雪,彭元元,刘雨萱,等.数字信息能力对农户绿色生产技术采纳的影响研究——基于技术生态认知的中介效应[J].长江流域资源与环境,2025,34(1):216-225.
- [16] 贺亚琴,刘衍朵,郭锦墉,等.数字素养、社会网络与粮食种植户有机肥替代技术采纳强度——基于CRRS数据的实证[J].农林经济管理学报,2024,23(5):643-651.
- [17] 杜凤君,赵晓颖,郑军,等.数字能力如何促进农户农田碳汇技术采纳?——基于山东省粮食种植户的微观证据[J].中国生态农业学报(中英文),2024,32(6):932-943.
- [18] 熊飞雪,游成勋,朱述斌.数字技术应用对粮农绿色生产技术采纳行为的影响研究[J].中国农业资源与区划,2025,46(1):62-72.
- [19] 杨冕,刘萧萧,李振冉.数字基础设施建设能促进劳动力就业吗?——来自“宽带中国”试点政策的证据[J].系统工程理论与实践,2024,44(1):190-207.
- [20] 王凤羽,王永健.我国城乡数字鸿沟的历史演进、治理困境与弥合路径[J].中国流通经济,2024,38(2):3-12.

- [21] 黄晓慧,聂凤英. 数字化驱动农户农业绿色低碳转型的机制研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2023, 23(1):30-37.
- [22] YANG C,JI X,CHENG C,et al. Digital economy empowers sustainable agriculture:Implications for farmers' adoption of ecological agricultural technologies[J]. Ecological Indicators,2024(9):111-123.
- [23] 樊晋璇,余志刚,崔钊达. 主体认知、情境约束对农户保护性耕作技术采纳程度的影响[J]. 农业现代化研究,2022, 43(6):1042-1053.
- [24] 崔钊达,余志刚. 信息素养对农户保护性耕作技术采纳的影响研究——兼论生态补偿的调节效应[J]. 中国生态农业学报(中英文),2025,33(3):590-604.
- [25] NAKANO Y,TSUSAKA T W,AIDA T,et al. Is farmer-to-farmer extension effective? The impact of training on technology adoption and rice farming productivity in Tanzania[J]. World Development,2018,105:336-351.
- [26] 王志辉,祝宏辉,雷兵. 信息成本对农村网商间隐性知识转移的影响及作用机理研究[J]. 情报理论与实践,2021,44(5):159-165.
- [27] 盖豪,颜廷武,何可,等. 社会嵌入视角下农户保护性耕作技术采用行为研究——基于冀、皖、鄂3省668份农户调查数据[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(9):2141-2153.
- [28] 郭铖,魏枫. 社会资本对农户技术采纳行为的影响[J]. 管理学报,2015,28(6):30-38.
- [29] 余志刚,宫熙,崔钊达. 社会资本如何影响农户保护性耕作技术采纳? ——兼论价值认知和土地转入的中介调节效应[J]. 农林经济管理学报,2022,21(4):414-423.
- [30] 刘丽,苏玥,姜志德. 社会资本对农户保护性耕作技术采用的影响及区域差异研究——基于技术认知的中介效应分析[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(9):2057-2067.
- [31] 刘丽,上官定一,雷传方,等. 基于多维异质性的农户保护性耕作技术采用效应研究[J]. 干旱区资源与环境,2020, 34(10):119-125.
- [32] 张童朝,颜廷武,王镇. 社会网络、收入不确定与自雇佣妇女的保护性耕作技术采纳行为[J]. 农业技术经济,2020(8):101-116.
- [33] 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.
- [34] 王小华,刘云,宋檬. 数字能力与家庭风险金融资产配置[J]. 中国农村经济,2023(11):102-121.
- [35] 陈卫洪,刘纯,马志懿. 数字能力对农户农药施用强度影响的研究——基于CRRS微观调查数据分析[J]. 中国生态农业学报(中英文),2024,32(11):1843-1856.
- [36] 高杨,牛子恒. 风险厌恶、信息获取能力与农户绿色防控技术采纳行为分析[J]. 中国农村经济 2019(8):109-127.
- [37] 王力田,王玉,张恒,等. 农户信息素养对绿色生产效率的影响研究——门槛效应与作用机制[J]. 农业现代化研究, 2023,44(6):1047-1058.
- [38] 尹志超,张栋浩. 金融普惠、家庭贫困及脆弱性[J]. 经济学(季刊). 2020,20(5):153-172.
- [39] 刘军. 出口强度、产品价值链与企业信息化水平——学习效应还是规模经济效应? [J]. 产业经济研究,2019(2): 27-38.
- [40] 潘子纯,曾雪梅,朱玉春. 数字素养对村级河长政策执行力的影响[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2025, 25(2):141-152.
- [41] 薛信阳,韩一军,高颖. 农机社会化服务对农户家庭耕地经营规模的影响——来自CLDS的经验证据[J]. 中国农业大学学报,2023,28(10):244-258.
- [42] 陈江华,陈静,邱海兰. 数字素养对农地隐性撂荒的影响——基于农户“双改单”种粮行为的研究[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2025(1):19-30.

Impact of Digital Capability on Farmers' Adoption of Conservation Tillage Techniques

YAN Xiao-huan, ZHANG Hao-nan

(College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Summary: Digital capability is a powerful support for promoting farmers' adoption of conservation tillage techniques, directly affecting rural industrial revitalization and the increase of farmers' income. However, existing literature lacks research on how digital capability influences farmers' adoption of conservation tillage techniques. Studies on the relationship between digital capability and conservation tillage techniques have mostly focused on mediating and moderating mechanisms, with insufficient research on the direct causal relationship between the two.

This study draws on survey data from 1,633 farmers in Shaanxi and Gansu provinces. It employs the entropy method to measure farmers' digital capability and uses the Ordered Probit model and mediation effect model to analyze the mechanisms through which digital capability influences farmers' adoption of conservation tillage techniques. Empirical results show that digital capability significantly promotes farmers' adoption of conservation tillage techniques. This core finding remains robust after replacing the core explanatory variable, replacing the core dependent variable, substituting the theoretical model, and excluding certain special samples. Mediation effect analysis indicates that digital capability enhances farmers' adoption of conservation tillage techniques by improving their awareness of green agricultural production practices, reducing information search costs, and strengthening social trust. Heterogeneity analysis reveals that the effect of digital capability is more pronounced among farmers with more years of schooling and smaller cultivated areas. Farmers in regions with a higher share of agricultural income and a higher level of digital development are also more likely to adopt conservation tillage techniques.

Compared to previous literature, this article has made certain extensions in the following aspects. Firstly, this article focuses on the digital capabilities of farmers themselves, exploring the role of digital capabilities in promoting the adoption of conservation tillage techniques from three aspects: digital information access, digital platform usage, and digital information acquisition. Secondly, based on the characteristics of farmers themselves, the research is carried out from three aspects: subject cognition, information cost, and social trust to clarify the mechanism by which digital capabilities help farmers adopt conservation tillage techniques. Third, it examines group-level heterogeneity by analyzing the differential effects of digital capability across farmers with varying levels of education, cultivated area, share of agricultural income, and regional digital development.

This study, to a certain extent, reveals the inherent logic and mechanism of how digital capabilities help farmers adopt conservation tillage techniques. It can assist government departments in formulating differentiated subsidies and incentive designs for different groups of farmers to adopt conservation tillage techniques, providing hierarchical policy support for promoting digital construction in rural areas and accelerating rural digital development, and better helping farmers improve their digital capabilities and adopt conservation tillage techniques.

Keywords: digital ability; conservation tillage technique; green production cognition; information acquisition; social trust; digital platform

CLC number: F323.3

Document code: A

Article ID: 1674-8131(2025)05-0016-14

(编辑:朱 艳;刘仁芳)