中国农业大学学报　2024,29(4):12-26
Journal of China Agricultural University　http://zgnydxxb.ijournals.cn

孙子烨,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(04):12-26.
SUN Ziye,GONG Siyu,YU Zhigang. Influence of digital literacy on farmers' green production technology adoption behavior[J]. *Journal of China Agricultural University*,2024,29(04):12-26.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.04.02

数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响

孙子烨　宫思羽　余志刚*
(东北农业大学 经济管理学院,哈尔滨 150030)

摘　要　为探索数字素养水平提升能否赋能农户生产方式绿色转型,基于中国乡村振兴调查(CRRS)数据,通过构建Probit模型和中介效应模型并结合工具变量法和条件混合过程估计法(CMP),对数字素养影响农户绿色生产技术采纳的效果和作用机制进行了研究。结果表明:1)数字素养对农户绿色生产技术采纳具有显著正向影响,具体表现为在其他条件不变的情况下,农户数字素养每增加1单位,其采纳绿色生产技术的概率提高20.7%。2)机制分析表明,数字金融响应和环境认知是数字素养影响农户绿色生产技术采纳的主要路径。数字素养水平提高可以显著促进农户数字金融响应和提升农户环境认知程度,从而正向影响农户绿色生产技术采纳。3)进一步分析表明,邻里互动与数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响存在有益的互补关系,农户通过邻里互动能够增强数字素养对绿色生产技术采纳的促进作用。基于此,未来应从加快提高农户数字素养水平、扩大农村数字金融覆盖范围和强化农户环境认知能力、注重发挥数字素养与邻里互动有益的互补效应等方面入手提高农户对绿色生产技术的采纳程度。

关键词　数字素养;绿色生产技术;数字金融响应;环境认知;邻里互动
中图分类号　F321.42　　**文章编号**　1007-4333(2024)04-0012-15　　**文献标志码**　A

Influence of digital literacy on farmers' green production technology adoption behavior

SUN Ziye, GONG Siyu, YU Zhigang*
(College of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract　The purpose of this study is to explore whether the improvement of digital literacy can empower the green transformation of farmers' production methods. Taking data from the China Rural Revitalization Survey (CRRS), the impact and mechanism of digital literacy on the adoption of green production technologies by farmers are empirically analyzed. Probit model and a mediating effect model, combined with the instrumental variables method and the conditional mixed process estimation method are adopted in this study. The results showed that: 1) Digital literacy had a significant positive impact on the adoption of green production technologies by farmers. The probability of adopting green production technology increased by 20.7% for every one unit increase in digital literacy among farmers, assuming all other conditions remain constant. 2) The results of mechanism analysis showed that digital financial response and environmental cognition were the main paths through which digital literacy influenced the adoption of green production technologies by farmers. Improving digital literacy level can significantly promote farmers' digital financial response and enhance farmers' environmental cognition, thereby positively influencing the

收稿日期:2023-05-23
基金项目:国家社会科学基金项目(21BJY249);黑龙江省社会科学基金项目(22JYE458)
第一作者:孙子烨(ORCID:0009-0000-3668-9573),博士研究生,E-mail:19931188890@163.com
通讯作者:余志刚(ORCID:0000-0003-4686-8182),教授,主要从事粮食经济与农户行为、农业经济理论与政策研究,E-mail:yzg@neau.edu.cn

adoption of green production technologies by farmers. 3) Further analysis showed that there was a beneficial complementary relationship between neighborhood interaction and digital literacy the adoption of green production technologies by farmers. Farmers can enhance the promoting effect of digital literacy on the adoption of green production technologies through neighborhood interaction. Therefore, in the future, we should enhance the adoption of green production technologies by boosting digital literacy level of farmers, expanding the coverage of rural digital finance, strengthening their environmental cognition, and focusing on the beneficial complementary effects of digital literacy and neighborhood interaction.

Keywords　digital literacy; green production technologies; digital financial response; environmental cognition; neighborhood interaction

加快农业绿色转型是“两山”理论在农业生产中的具体体现，也是推进农业高质量发展、实现中国式农业农村现代化的必然选择[1]。党的二十大报告指出，要全面推进乡村振兴，推进美丽中国建设，协同推进降碳、减污、扩绿、增长，推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。2023年中央“一号文件”再次就推进农业绿色发展作出了重要指示。近年来研究表明，实现农业绿色发展必须从技术先行的角度出发，既要高度重视绿色生产技术对农业绿色转型的基础性支撑作用[2]，又需着重提升农户对绿色生产技术的采纳意愿[3]。但就当前阶段来看，尽管我国已针对绿色生产技术研发、示范、推广等多方面建立了相应的政策支持体系，但由于绿色生产技术具有正外部性、投资风险大、回报周期长的属性，以及农户受自身资源禀赋、认知特征、外部环境等因素的影响[4]，导致其对绿色生产技术采纳程度较低。因此，探究如何科学、合理地调动农户采纳绿色生产技术的积极性和主动性，已经成为推进农业绿色转型与高质量发展有效衔接亟需解决的现实问题。

目前，学术界围绕个体特征[5-6]、认知特征[7-8]、生产特征[9-10]以及外部环境[11]等多个方面对农户绿色生产技术采纳意愿的影响因素进行了丰富的探讨，且随着互联网红利在农业生产领域的不断扩散，部分学者开始对“数字”与农户绿色生产技术采纳的关系进行研究。结果表明，互联网使用[12]、数字农技推广[13]、电商参与[4]、数字金融[14]等均对农户绿色生产技术采纳程度的提高具有显著促进作用。这表明数字技术应用能够有效助推农业绿色生产技术应用和促进农业绿色发展，但由于农户对数字技术运用、发展和创新能力即数字素养存在差异[15]，导致并非所有农户在农业绿色转型过程中都能将数字驱动作用有效发挥。据中国社会科学院信息化研究中心2021年发布的《乡村振兴战略背景下中国乡村数字素养调查分析报告》显示，农民数字素养得分仅为18.6分，且在城乡和职业之间存在明显的不均衡和不平等现象。因此，学者们针对如何进一步提高农民数字素养水平及充分发挥数字赋能效应展开了深入探究，并形成了完善培育内容、确定培育对象、优化培育过程等是培育农民数字素养的有效途径以及通过提升数字素养可以促进农户创业、提高财产性收入、缓解多维相对贫困问题的共识[16-20]。

值得注意的是，上述研究较多关注数字素养对农户生计的影响，而数字素养对农业生产决策特别是绿色生产技术采纳的影响尚未受到广泛关注。从理论上看，数字素养能够通过提升信息获取、技能学习和经验模仿等能力，形成明显的人力资本积累效应，且随着农户人力资本禀赋的提高，其生产行为和生产观念会较之前形成较大的转变，因此对农业绿色生产技术采纳意愿与决策也应该会发生相应的改变。那么，农户数字素养对绿色生产技术采纳的具体影响是什么？及时厘清这一问题，可以为解决如何在数字发展背景下进一步推广农业绿色生产技术、推进农业绿色转型和可持续发展问题提供新的经验借鉴与路径选择。基于此，本研究尝试从人力资本的视角出发，理论分析数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响及可能的路径，并在此基础上利用中国乡村振兴调查（CRRS）数据，构建Probit模型和中介效应模型并结合工具变量法和条件混合过程估计法（CMP）予以实证检验，以期能够丰富该领域的研究并提供一些有益的政策建议。

1　理论分析与研究假说

从环境经济学和理性小农理论的视角来看，农业绿色生产技术是一类以测土配方施肥、病虫害绿

色防控、节水灌溉、秸秆还田等为主要内容,能够兼顾经济效益、生态效益与社会效益的现代农业生产技术[21],具有明显的投资回报周期长、风险大和经营规模要求高等属性以及极强的正外部性特征[22],但农业绿色生产的正外部性难以完全实现收益内部化[23],而农户作为“理性经济人”,其对绿色生产技术的采纳决策恰恰取决于对成本投入和预期收入的考量即是否能够实现经济利益的最大化,因此农户对绿色生产技术的采纳意愿与积极性普遍较低。此外,根据行为经济学理论的观点,在不确定性条件下心理因素也是影响农户行为选择的关键点,例如当农户对生活、生产环境认识发生改变时,会相对主动地采纳绿色生产技术,以期满足自身对环境改善的诉求[24]。而数字素养水平的提高可以通过促进农户数字金融响应、加速农地转入、提升环境认知等途径改善农户进行技术采纳决策时存在的资金约束、规模不经济、生态自觉性低等问题,从而促进农户采用绿色生产技术。综上所述,农户数字素养对绿色生产技术采纳可能具有以下几方面的影响:

首先,数字素养可以通过促进农户数字金融响应促进绿色生产技术采纳。与按照传统耕作方式进行的农业生产相比,农户采用新技术一方面需要增加生产成本的投入,另一方面还会面临收益预期不确定风险[25]。与此同时,我国农业生产领域又存在财政投入不足和资金利用效率低的问题,传统小农户还长期受到金融机构的排斥,面临着借贷成本高、门槛高、要求高的现实困境[26],这就导致资金约束成为农业生产新技术推广应用的关键障碍[27]。而在数字经济背景下,数字金融的快速发展为满足农业生产日益增长的金融需求提供了一种新的解决方案,并且随着数字素养的提高,农户数字金融行为响应概率和响应广度也具有显著提升[28]。与传统金融相比,数字金融首要功能在于缓解了农户信贷难的问题,一方面,数字金融通过与金融创新产品的有机结合,弥补了正规金融渠道交易成本高和服务门槛高的短板[29],提高了农村地区金融覆盖广度和农户信贷可得性;另一方面,数字金融还可以通过发展社会网络,提高了农户民间私人借贷等非正规金融渠道信贷可得性[14],从而为农户采纳绿色生产技术提供资金支持。

其次,数字素养可以通过加速农地转入促进绿色生产技术采纳。具有较高数字素养水平的农户通常可以充分利用互联网等新媒体平台,主动了解“三农”领域新知识、新理念、新政策,并将外部信息资源转化为农业经营管理能力,从而有效促进了农业生产规模化[17],提高了农户对土地转入的需求。同时,正如上述分析,数字素养促进了农户对数字金融的响应,而数字金融本身作为一种信息传播载体,不仅能够减少土地流转信息不对称和降低土地流转信息成本,还能够拓宽农户资金来源渠道,缓解土地流转资金约束问题[30-31]。而随着农地转入带来的经营规模扩大,在规模效应的作用下,农户的技术认知水平、要素投入偏好和生产目标发生改变,其更高的抗风险能力和综合生产能力、更积极的可持续发展理念和市场思维有益于农户防范绿色生产技术采纳风险、承担绿色生产技术采纳成本,有助于农户优化劳动力、资本、土地等生产要素配置[32],有利于促进农户生产目标由单纯地增加化肥、农药等化学投入品施用提高作物产量向更注重满足市场对高品质绿色农产品的需求转变[33],从而强化农户采纳绿色生产技术的意愿[34]。

最后,数字素养可以通过提高农户环境认知促进绿色生产技术采纳。随着互联网普及和网络信息传播,数字素养驱动农户获取农业生产环境信息,改善环保态度,提高环境认知,并作用于农户的环境行为[35]。具体表现为:数字素养水平的提高在主体认知层面上有助于诱发环境情感共鸣和环境危机意识,从而强化农户对环境污染风险感知程度并形成积极的环保态度[24];在社会规范层面上丰富了农户的社会网络,加强了在农户间对绿色生产信息的传递和对绿色生产行为的模仿,使“同群效应”对农户绿色生产技术采纳促进作用得以发挥,同时也将农户置身于更加透明的社会监督中[36],使得破坏环境生产行为会及时地被实施道德上的舆论惩罚。也就是说,数字素养从主观和客观两个角度,通过培育环境保护内生动力和施加社会规范压力塑造农户环境认知,从而促进农户采纳绿色生产技术。

综上所述,本研究提出如下假设:

H1:数字素养水平提高能够促进农户绿色生产技术采纳。

H2:数字素养通过促进农户数字金融响应促进绿色生产技术采纳。

H3：数字素养通过加速农地转入促进绿色生产技术采纳。

H4：数字素养通过提升农户环境认知促进绿色生产技术采纳。

数字素养水平对农户绿色生产技术采纳的影响及路径如图1所示：

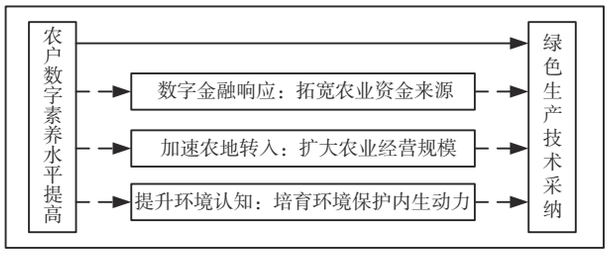

图1　数字素养水平对农户绿色生产技术采纳的影响及路径

Fig.1　Influence of digital literacy level on adoption of green production technologies by farmers and mechanisms

2　数据与方法

2.1　数据来源

本研究采用的数据是来自中国社会科学院农村发展研究所中国乡村振兴调查（China Rural Revitalization Survey，CRRS），该数据于2020年8—9月围绕农村人口与劳动力、产业结构、农民收支与社会福祉、居民消费、乡村治理和农村综合改革等内容展开重点调查，调查范围涵盖了广东、浙江、山东、安徽、河南、黑龙江、贵州、四川、陕西和宁夏回族自治区等10个省份，因此对于反映微观个体农业生产实际情况具有较好的全国代表性和可靠性。基于数据的完整性和可获性，并根据研究的实际需要，从中提取了农户家庭基本特征、农业生产实际情况、绿色生产技术采纳状况以及村庄特征变量等内容，删除了含有缺失值和极端值、前后逻辑矛盾以及未进行农业生产的农户问卷，同时鉴于浙江省和广东省保留的样本数据过少，且该地区经济发展水平高而农业生产占其社会总生产比重较小，因此在具体使用时还剔除了浙江省和广东省样本，最终得到1 020个家庭样本。

2.2　变量说明

2.2.1　被解释变量：农户绿色生产技术采纳

依据农业农村部2018年印发的《农业绿色发展技术导则（2018—2030年）》，并借鉴张童朝等[37]、吴雪莲等[38]的研究，将本研究研究的绿色生产技术界定为涉及农作物种植产前（新品种技术、土壤改良培肥技术）、产中（测土配方施肥技术、病虫害生物防控技术、节水灌溉技术）和产后（秸秆还田技术）等一系列相关的农业生产技术。根据农业生产环节的多样性和数据的有限性，本研究选取耕种环节的免耕技术、田间管理环节的节水灌溉技术、产后农业废弃物处理环节的秸秆还田技术作为绿色生产技术的典型代表，具体采用二元赋值法，若农户选择上述技术中的一种则赋值为1，反之则赋值为0，从而考察数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响及路径。

2.2.2　核心解释变量：数字素养

依据上述分析，数字素养反映了农户通过数字设备使用数字技术合理地获取、交流、创造和应用网络信息或数据的能力水平[39]。鉴于此，本研究在参考联合国教科文组织2018年发布的《全球数字素养框架》以及温涛等[40]、王杰等[20]研究的基础上，从数字发展环境、设备使用与能力、信息搜寻能力、沟通协作能力4个维度构建农户数字素养评价指标体系，筛选了11个测量题项（各题项得分均为0或1）计算农户数字素养综合得分（表1）。采用因子分析法，遵循累积方差贡献率＞80%的原则共提取8个公共因子，累积方差贡献率为84.19%。样本充足性检验KMO值为0.702，表明各变量间具有较强的相关性，Bartlett球形度检验统计量的显著性P值为0.000，表明适合进行因子分析且结果有效。同时，还采用了将各题项得分直接加总的方法来测度农户数字素养，这一结果将用于稳健性检验。

2.2.3　中介变量：数字金融响应、农地转入和环境认知

一是数字金融响应。所谓数字金融，是指通过互联网及信息技术手段与传统金融业务结合而成的具有数字化、信息化、网络化特征的新型金融业务，包括移动支付、数字理财、数字信贷和数字保险等[41]。借鉴张龙耀等[28]对农户数字金融响应的定义，本研究重点分析在农户实际农业生产过程中使用频率较高的移动支付和数字信贷两种金融产品，若农户使用了某种金融产品，则认为其具有数字金融行为，赋值为1，反之则赋值为0，并采用赋值加总的方法反映农户数字金融响应深度。

二是农地转入。对农地转入情况采用二元虚拟变量进行表示，若农户进行了农地转入则赋值为1，否则赋值为0。

表1 农户数字素养评价指标体系

Table 1 Farmers' digital literacy evaluation index system

维度 Dimension	测量题项 Measurement item	赋值 Assignment
数字发展环境 Digital development environment	家庭有无上网设备	有=1,无=0
	您家里网络条件如何	非常好=1,偶尔或经常断网=0
设备使用与能力 Equipment use and ability	您是否使用4G/5G手机	是=1,否=0
	您对使用4G/5G手机的功能存在困难吗	不存在困难=1,有些困难或较困难=0
	您是否接受过电脑或手机上网培训	是=1,否=0
	您是否曾经为手机APP服务支付过一定费用	是=1,否=0
信息搜寻能力 Information search ability	对想要关注的网络信息能否及时获取	及时=1,仅部分及时或都不及时=0
	如果有日常需求,您自己能否通过手机或网络随时获取相关信息	完全可以=1,有时可以或比较困难=0
	您认为通过网络得到的信息是否能够满足生产生活等日常需求	一般或满足=1,不太或完全不满足=0
沟通协作能力 Communication and collaboration ability	您家是否经营有产品通过网络交易	是=1,否=0
	您是否有通过微信群与村内就重要公共事务开展过交流	有时或经常=1,从未或很少=0

三是环境认知。农户的环境认知主要体现了农户对周围生产生活环境的满意程度以及对是否参与环境保护做出的行为反应。因此,本研究借鉴Koc[42]、陈柱康等[24]的研究,从环境感知和环境行为两个角度对农户环境认知进行考察。一般来说,农户对生产生活环境满意程度越低,其为了改善自身生活质量而采纳绿色生产技术的可能性就越大;同时,农户若在日常生活和农业生产其他环节中主动做出环境保护行为,其采纳绿色生产技术的可能性也就越大。因此,本研究依据理论分析中环境认知在数字素养对农户绿色生产技术采纳影响的中介作用预期方向,对筛选的4个测量题项进行赋值(表2),并采用赋值加总的方法,计算农户环境认知综合得分。

2.2.4 控制变量

根据理性小农理论、计划行为理论以及有关农户绿色生产行为的研究[6,24-25],本研究还加入了家庭特征、生产经营特征和村庄特征等可能影响农户绿色生产技术采纳的因素,在一定程度上减少可能因遗漏重要解释变量带来的估计偏误。其中家庭特征变量包括年龄、受教育程度和政治身份,生产经营特征包括家庭年收入、家庭规模和种植规模,村庄特征包括距县政府距离、环境规制强度和自然灾害状况。变量具体定义及描述性统计如表3。

2.3 模型设定

2.3.1 基准回归

为检验数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响,基于上述理论分析和研究假设,并鉴于农户是否采纳绿色生产技术是典型的二元选择变量的特点,本研究采用Probit模型进行估计,具体模型设定为:

$$\mathrm{Prob}(\mathrm{ST}_i=1)=\alpha+\beta_1\mathrm{DL}_i+\sum_{j=2}^{10}\beta_j\mathrm{control}_{ji}+\mu_i \tag{1}$$

式中:ST_i表示农户是否采纳绿色生产技术,$\mathrm{ST}_i=1$表示采纳,$\mathrm{ST}_i=0$表示未采纳;DL_i为农户数字素养水平;$\mathrm{control}_{ji}$表示上述一系列控制变量;α、β_1、β_j为待估计参数;μ_i为随机误差项。

表 2　农户数字金融响应、农地转入和环境认知测度

Table 2　Farmers' digital financial response, farmland transfer, and environmental cognition measures

变量 Variable		测量题项 Measurement item	赋值 Assignment
数字金融响应 Digital financial response	移动支付 Mobile payment	您家购买种苗、化肥、饲料等农资产品首选的支付方式是什么	微信、支付宝、京东白条等=1；现金、储蓄卡等=0
		如果您家现在要购买或近期购买过车辆（轿车、用车等），首选支付方式是什么	微信、支付宝、京东白条等=1；现金、储蓄卡等=0
	数字信贷 Digital credit	最近一次正规金融机构获得贷款来源是什么	网商贷、微粒贷等民营银行网上贷款=1；银行等=0
		您需要借钱时最先考虑从哪儿借钱	借呗、网商贷等=1；亲戚、银行、民间放贷人=0
农地转入 Farmland transfer		您家转入土地面积是多少	转入土地面积大于0=1，否则=0
环境认知 Environmental cognition	环境感知 Environmental perception	您对您本村的生活环境感到满意吗	一般或满意=0，不太或非常不满意=1
	环境行为 Environmental behavior	您家的生活垃圾处置是否进行了分类处置	是=1，否=0
		您家是否有无害化卫生厕所？	是=1，否=0
		您家的生活污水如何处置	进入污水管网、沼气池处理等=1，直接排放=0

2.3.2　机制检验

为进一步分析数字素养影响农户绿色生产技术采纳的传导机制，本研究借鉴耿鹏鹏等[43]、李芬妮等[5]的研究，构建如下模型：

$$M_i = \sigma + \lambda_1 \mathrm{DL}_i + \sum_{j=2}^{10} \lambda_j \mathrm{control}_{ji} + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$\mathrm{ST}_i = \phi + \varphi_1 M_i + \sum_{j=2}^{10} \varphi_j \mathrm{control}_{ji} + \xi_i \quad (3)$$

式中：M_i表示上述3类中介变量，即数字金融响应、农地转入和环境认知；DL_i为农户数字素养水平；ST_i表示农户是否采纳绿色生产技术；$\mathrm{control}_{ji}$表示上述一系列控制变量；σ、λ_1、λ_j、ϕ、φ_1、φ_j为待估计参数；ε_i、ξ_i为随机误差项。

3　结果与分析

3.1　数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响分析

本研究运用Stata17.0，基于Probit模型分析数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响作用。考虑到变量之间可能存在的多重共线性问题，本研究进行了共线性诊断。检验结果表明各变量的方差膨胀因子（VIF）最大值为1.37（<10），说明变量间不存在严重的多重共线性问题，解释变量的选取较为合理。

模型估计结果如表4，可知，数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响系数为0.674，且在10%的统计水平显著，边际效应为0.207，表明数字素养对农户绿色生产技术采纳产生显著正向影响，在其他条件不变的情况下，农户数字素养每增加1个单位，其采纳绿色生产技术的概率提高20.7%，研究假设H1得以验证。究其原因，如前述理论分析，农户数字素养提高有利于其获取、交流与应用网络信息，从而提高绿色生产技术认知水平，并调整自身农业生产行为与决策，促进绿色生产技术采纳。

从控制变量来看，年龄估计系数为0.015，边际效应为0.005，在5%的统计水平显著，表明家庭劳动力平均年龄对农户绿色生产技术采纳产生正向影响。这可能是由于年龄较大的农户恋土情结相

表3 变量定义及描述性统计

Table 3 Variable definition and descriptive statistics

变量类型 Variable type	变量 Variable	变量定义与赋值 Variable definition and assignment	均值 Mean	标准差 SD
被解释变量 Explained variable	农户绿色生产技术采纳 Farmers' adoption of green production technologies	是否采纳免耕、节水灌溉、秸秆还田3项技术中的一种:是=1,否=0	0.570	0.495
核心解释变量 Core explanatory variable	数字素养 Digital literacy	农户数字素养综合得分	0.430	0.129
中介变量 Mediating variables	数字金融响应 Digital financial response	农户数字金融响应深度	0.555	0.744
	农地转入 Farmland transfer	是否进行农地转入:是=1,否=0	0.381	0.486
	环境认知 Environmental cognition	农户环境认知综合得分	1.495	0.995
控制变量 Control variable	年龄 Age	家庭劳动力平均年龄/岁	43.276	7.493
	受教育程度 Education	家庭劳动力平均受教育程度:未上学=1,小学=2,初中=3,中专、高中、职高=4,大专=5,本科及以上=6	3.154	0.804
	政治身份 Political identity	家庭劳动力中是否有党员:是=1,否=0	0.293	0.455
	家庭年收入 Annual household income	万元	7.784	21.682
	家庭规模 Family size	家庭常住人口/人	3.473	1.648
	种植规模 Planting scale	家庭种植总面积/hm^2	2.251	5.235
	距县政府距离 Distance from county	村委会距离县政府距离/km	23.637	16.817
	环境规制强度 Environmental regulation intensity	垃圾清运等环保费用支出/万元	4.565	8.152
	自然灾害状况 Natural disaster situation	近三年是否遭受自然灾害:是=1,否=0	0.602	0.490

对更重、务农时间相对较长以及务农经验相对丰富,因此随着年龄的增长,导致其更倾向采纳绿色生产技术。种植规模估计系数为0.165,边际效应为0.051,在5%的统计水平显著,表明种植规模对农户绿色生产技术采纳产生正向影响。其可能的解释在于种植规模较大的农户拥有更大的生计资本和更高的技术认知水平,对绿色生产技术的生态效益、经济效益有着更清晰地认知,同时能够在一定程度上化解新技术采纳风险,较大的种植规模也为绿色生产技术发挥效应提供了有利条件,因此种植规模较大的农户更可能采纳绿色生产技术。距县政府距离估计系数为-0.011,边际效应为-0.003,在1%的统计水平显著,表明距县政府距离对农户绿色生产技术采纳产生负向影响。这可能是由于政府农技推广强度在距离县城较远的村庄相对较低,因此农户接受到的绿色生产技术宣传和培训次

表 4　数字素养影响作用的回归结果

Table 4　Regression results for the effect of digital literacy

变量 Variable	未加入控制变量 Control variables not added		加入控制变量 Control variables added	
	系数 Coefficient	边际效应 Marginal effect	系数 Coefficient	边际效应 Marginal effect
数字素养	0.601*	0.192*	0.674*	0.207*
Digital literacy	(0.336)	(0.107)	(0.359)	(0.110)
年龄			0.015**	0.005**
Age			(0.007)	(0.002)
受教育程度			0.086	0.026
Education			(0.064)	(0.020)
政治身份			−0.164	−0.050
Political identity			(0.107)	(0.033)
家庭年收入			−0.001	−0.000
Annual household income			(0.002)	(0.001)
家庭规模			0.021	0.006
Family size			(0.029)	(0.009)
种植规模			0.025**	0.008**
Planting scale			(0.011)	(0.003)
距县政府距离			−0.011***	−0.003***
Distance from county			(0.003)	(0.001)
环境规制强度			0.005	0.002
Environmental regulation intensity			(0.054)	(0.017)
自然灾害状况			0.169*	0.052*
Natural disaster situation			(0.094)	(0.029)
省份固定效应 Provincial fixed effects	控制		控制	
N	1 020		1 020	
Pseudo R^2	0.178		0.206	

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%水平上显著。括号内数字为标准误。下同。

Note: *, ** and *** are significant at 10%, 5% and 1% levels, respectively. The numbers in parentheses are standard errors. The same below.

数也相对较少，不利于其主动采纳绿色生产技术。自然灾害状况估计系数为0.169，边际效应为0.052，在10%的统计水平显著，表明自然灾害状况对农户采纳绿色生产技术产生正向影响。其可能的解释在于遭受到自然灾害的农户对风险感知程度较高，因此更倾向于尝试新型生产技术以规避农业生产过程存在的风险。

3.2　数字素养对农户绿色生产技术采纳影响的稳健性分析

为进一步检验研究结论的稳健性，本研究采用改变核心变量测度方式、更换估计模型和对变量进行1%截尾3种方法进行稳健性检验。第一，改变农户数字素养的测度方式。借鉴温涛等[40]的做法，采用各题项得分直接加总的方法对农户数字素养

进行测度，并重新进行回归，估计结果如表5，数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响持续显著为正，与基准回归结果一致。第二，引入Logit模型重新进行回归分析。借鉴任重等[44]的做法，采用Logit模型分析数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响作用，由表5可知，数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响与Probit模型回归结果基本相近。第三，对变量进行1%截尾后重新回归分析。为排除极端值的影响，对本研究变量进行1%截尾后重新估计，由表5可知，数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响依然持续为正。综合以上3种方式的稳健性分析结果来看，本研究的实证结果是较为稳健的。

表5 数字素养影响作用的稳健性分析

Table 5 Robustness tests of the effect of digital literacy

变量 Variable	改变核心变量测度方式 Change the core explanatory variable measurement method		更换估计模型 Replace estimate model		对变量进行1%截尾 1% truncation of variable	
	系数 Coefficient	边际效应 Marginal effect	系数 Coefficient	边际效应 Marginal effect	系数 Coefficient	边际效应 Marginal effect
数字素养 Digital literacy	0.047*	0.015*	1.137*	0.209*	0.973**	0.288**
	(0.025)	(0.008)	(0.613)	(0.112)	(0.414)	(0.122)
控制变量 Control variable	控制		控制		控制	
省份固定效应 Provincial fixed effects	控制		控制		控制	
N	1 020		1 020		926	
Pseudo R^2	0.206		0.205		0.232	

3.3 数字素养对农户绿色生产技术采纳影响的内生性分析

考虑到数字素养与农户绿色生产技术采纳行为之间可能存在双向因果关系和遗漏关键解释变量所导致的内生性问题。因此，本研究采用“同村其他农户数字素养水平”和“全村是否可以实现快递入户”作为工具变量，利用两阶段回归构建IV-Probit模型和Roodman[45]提出的条件混合过程（CMP）方法，检验可能由内生性问题带来的估计偏误。选取“同村其他农户数字素养水平”作为工具变量主要是考虑到同一村庄的数字发展环境和网络基础设施具有相似性，并且在我国传统的“熟人社会”中农户间形成了复杂的社会网络，因此农户数字素养水平会受到周围“熟人”数字素养水平的影响[46]，而农户自身生产决策与生产行为不会直接受到其他农户数字素养水平的影响。选取“全村是否可以实现快递入户”作为工具变量则是考虑到快递能否入户一方面体现了该村基础设施建设和整体经济水平，另一方面快递入户能够为农户进行网购、电商经营等提供有利条件，从而促进农户数字素养发展，而快递能否入户与农户生产决策和生产行为并无直接关联。因此，满足了工具变量的相关性和外生性要求。IV-Probit模型的一阶段和二阶段估计结果如表6，首先，模型的Wald chi^{2}值为8.76，在1%的统计水平显著，可见存在内生性问题，因此采用工具变量是有效的；其次，弱工具识别检验结果显示CLR、AR和Wald检验统计量分别为9.89、9.85和5.64，分别在1%、1%和5%的统计水平显著，说明本研究选择的工具变量不是弱工具变量；最后，在克服可能存在的内生性问题后，数字素养对农户绿色生产技术采纳影响持续显著为正。CMP方法的一阶段和二阶段估计结果如表6，内生性检验参数atanhrho_12为−1.017，且在1%的统计水平显著，说明采用

表 6　数字素养影响作用的内生性分析

Table 6　Endogeneity analysis of the effect of digital literacy

变量 Variable	IV-Probit 模型 IV-Probit model		CMP 模型 CMP model	
	第一阶段系数 Coefficient of stage I	第二阶段系数 Coefficient of stage II	第一阶段系数 Coefficient of stage I	第二阶段系数 Coefficient of stage II
数字素养		10.530**		6.757***
Digital literacy		(4.432)		(1.079)
同村其他农户数字素养水平	0.154***		0.149***	
Digital literacy level of other farmers in the same village	(0.056)		(0.051)	
全村是否可以实现快递入户	0.008*		0.009**	
Can the whole village express into the house	(0.004)		(0.004)	
控制变量 Control variable	控制	控制	控制	控制
省份固定效应 Provincial fixed effects	控制	控制	控制	控制
N	1 020	1 020	1 020	1 020
Wald chi^2		8.76***		
atanhrho_12				−1.017***

CMP 方法是合适的，在纠正内生性问题之后，数字素养对农户绿色生产技术采纳影响持续显著为正。以上两种方法估计结果再一次验证了本研究实证结果的稳健性。

3.4　影响机制分析

为验证数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响路径，在上述基准回归和理论分析的基础上，本研究以农户数字金融响应、农地转入和环境认知为因变量，以农户数字素养为自变量，根据式(2)设定分别采用 Ordered Probit 模型和 Probit 模型进行分析，估计结果如表 7。可以看出数字素养对农户数字金融响应和环境认知的影响系数分别为 2.862 和 0.645，分别在 1% 和 5% 的统计水平显著，表明数字素养对农户数字金融响应和环境认知产生显著正向影响，而农地转入未能通过显著性检验。进一步地，以农户绿色生产技术采纳为因变量，以农户数字金融响应、农地转入和环境认知为自变量，根据式(3)设定采用 Probit 模型进行分析，由表 7 可知，数字金融响应、农地转入和环境认知对农户绿色生产技术采纳的影响系数分别为 0.132、0.274 和 0.136，分别在 5%、1% 和 1% 的统计水平显著，表明数字金融响应、农地转入和环境认知对农户绿色生产技术采纳产生显著正向影响。

综合以上分析结果可知，数字素养通过促进农户数字金融响应和提高环境认知两种路径，进而影响农户绿色生产技术采纳，研究假设 H2 和 H4 得以验证。其可能的解释在于数字素养水平较高的农户通过广泛的网络信息获取，学习并掌握一定的数字技能，表现出了较强的人力资本积累效应[47]，一方面提高了农户对数字金融的获取能力和利用效率，另一方面强化了农户环境责任意识和环境感知程度，从而为农户主动采纳绿色生产技术提供了资金支持与内生动力。而农地转入不是数字素养促进农户绿色生产技术采纳重要的中间机制，研究假设 H3 未能得到验证。其可能的解释在于，虽然由农地转入带来的种植规模扩大有助于提升农户技术认知水平、增强采纳技术风险抵抗力、优化要素资源配置，从而促进农户采纳绿色生产技术，但数字素养水平的提升并非一定促使农户进行农地流入，这是由于较高的数字素养水平还有助于农户搜

表7 数字素养影响路径分析

Table 7 Analysis of digital literacy impact mechanisms

变量 Variable	数字金融响应 Digital financial response	农地转入 Farmland transfer	环境认知 Environmental cognition	农户绿色生产技术采纳 Farmers' adoption of green production technologies	农户绿色生产技术采纳 Farmers' adoption of green production technologies	农户绿色生产技术采纳 Farmers' adoption of green production technologies
数字素养 Digital literacy	2.862***	0.139	0.645**			
	(0.337)	(0.371)	(0.281)			
数字金融响应 Digital financial response				0.132**		
				(0.062)		
农地转入 Farmland transfer					0.274***	
					(0.101)	
环境认知 Environmental cognition						0.136***
						(0.051)
控制变量 Control variable	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应 Provincial fixed effects	控制	控制	控制	控制	控制	控制
N	1 020	1 020	1 020	1 020	1 020	1 020
Pseudo R^2	0.081	0.237	0.106	0.207	0.209	0.208

寻非农就业信息,实现劳动力非农转移或兼业生产[48],在农业比较利益低的情况下,农户也愿意将土地转出,从而在第二三产业投入更多的劳动力要素从事非农生产,寻求更高的收入[31]。

3.5 扩展性分析及讨论

根据信息搜寻理论,农户生产决策会受限于农业信息搜寻成本、信息匹配效率等因素[13]。在信息通信技术快速发展的时代,农户数字素养水平提高,有助于扩展自身信息获取渠道,提高农业信息获取的有效性和专业性,从而共享"数字信息红利"。但不容忽视的是,在我国典型的"熟人社会"中,农户绝非独立生存的个体,而是与周围人形成了紧密联系的社会关系网络,因此,邻里互动是农户间信息传递、经验交流的另一种重要形式[49],已有研究也证明了邻里互动效应存在性及对农户生产决策所可能产生的影响[50-52]。综合来看,数字素养和邻里互动两种渠道分别体现了农户获取农业信息时的不同选择,那么两者之间是形成了有益的互补关系还是由于农户有限的信息关注能力和辨别能力使得两者之间形成了替代关系?针对这一问题,本研究通过引入数字素养与邻里互动变量交互项的方式进行实证分析。其中邻里互动变量以"过去一年内全村红白喜事数量"进行表征,这是由于红白喜事是农村亲朋邻里间维系关系和交流互动的重要活动,红白喜事数量可以反映一段时间内邻里互动的紧密程度,同时兴办红白喜事是一种客观存在的社会传统,因此严格外生于农户数字素养和绿色生产技术采纳。估计结果如表8,数字素养与邻里互动交互项系数为0.046,边际效应为0.014,在1%的统计水平显著,表明农户通过邻里互动能够增强数字素养对绿色生产技术采纳的促进作用,这种增强作用表现为数字素养水平高的农

表 8　数字素养与邻里互动关系检验

Table 8　Digital literacy and neighborhood interaction relationship test

变量 Variable	系数 Coefficient	边际效应 Marginal effect
数字素养	0.643*	0.195*
Digital literacy	(0.3364)	(0.110)
邻里互动	−0.005**	−0.002**
Neighborhood interaction	(0.002)	(0.001)
数字素养×邻里互动	0.046***	0.014***
Digital literacy×Neighborhood interaction	(0.148)	(0.004)
控制变量 Control variable	控制	
省份固定效应 Provincial fixed effects	控制	
N	1 020	
Pseudo R^2	0.215	

户既可以通过网络获取农业生产信息，也可以通过邻里互动对网络获取的信息进行相应补充和验证，从而体现了数字素养与邻里互动间有益的互补关系。

4　结论与政策建议

随着信息技术的飞速发展，农户主体的数字素养水平已经成为影响农业生产的重要制约因素。从数字素养的视角探讨促进农户绿色生产技术采纳的可能路径，对加快农业绿色发展转型和实现农业高质量发展具有重要的理论与实践意义。本研究采用中国乡村振兴调查(CRRS)数据，在构建农户数字素养评价指标体系并测度农户数字素养水平后，利用Probit模型和中介效应模型并结合工具变量法和条件混合过程估计法(CMP)实证分析了数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响和作用机制。研究结论如下：

1)数字素养对农户绿色生产技术采纳具有显著正向影响，具体表现为在其他条件不变的情况下，农户数字素养每增加1单位，其采纳绿色生产技术的概率提高20.7%。经过改变农户数字素养测度方式、引入Logit模型、重新进行回归分析、对变量进行1%截尾后重新回归分析和采用工具变量法进行内生性分析等一系列检验后，这一结果具有较好的稳健性。

2)机制分析表明，数字金融响应和环境认知是数字素养影响农户绿色生产技术采纳的主要路径。具体表现为数字素养水平提高可以显著促进农户数字金融响应和提升农户环境认知程度，而数字金融响应和环境认知程度则对农户绿色生产技术采纳产生显著正向影响。

3)进一步分析表明，邻里互动与数字素养对农户绿色生产技术采纳的影响存在有益的互补关系，即农户通过邻里互动能够增强数字素养对绿色生产技术采纳的促进作用。

基于上述研究结论，可以得到以下政策启示：

1)加快提高农户数字素养水平。在推进农业生产绿色转型的过程中，应充分考虑网络化、信息化和数字化的发展，构建针对提升农户数字素养的培育模式，健全农村数字基础设施建设，优化农村数字发展环境，按照政府主导、社会参与、数据共享和协同共建的思路进一步提升农户数字素养，以期通过农业数字技术和农民数字素养赋能农业现代化建设，提高绿色生产技术采纳程度和推动农业绿色转型。

2)扩大农村数字金融覆盖范围、强化农户环境认知能力。一方面，要从加强宣传引导、推动技术创新、完善信用体系和加强风险防控4个方面出发，

提高数字金融在农村地区的渗透度,为农户采用绿色生产技术提供资金支持。另一方面,积极构建农村环境教育体系,开展绿色生产知识普及活动,增强农户对生态环境的保护意识。此外,还要设立绿色生产行为示范村、示范户,充分发挥"同群效应"对农户生产行为的示范和监督作用,为农户采用绿色生产技术提供内生动力。

3)注重发挥数字素养与邻里互动间有益的互补效应。农户数字素养受到自身人力资本、区域发展水平等因素的影响而存在差异性,在农业绿色生产技术推广过程中还应充分重视邻里互动效应对数字素养的补充和增强作用,搭建以村为单位的绿色农业生产技术互鉴互助平台,构建传帮带机制,鼓励成立农村非正式组织,充分发挥绿色农业生产技术示范效应,进一步促进农户绿色生产技术采纳决策。

参考文献 References

[1] 李翠霞,许佳彬. 中国农业绿色转型的理论阐释与实践路径[J]. 中州学刊,2022(9):40-48
Li C X, Xu J B. Theoretical interpretation and practical path of China's agricultural green transformation[J]. *Academic Journal of Zhongzhou*, 2022(9):40-48 (in Chinese)

[2] 朱俊峰,邓远远. 农业生产绿色转型:生成逻辑、困境与可行路径[J]. 经济体制改革,2022(3):84-89
Zhu J F, Deng Y Y. Green transformation of agricultural production: Logic of formation, dilemma and practical strategy [J]. *Reform of Economic System*, 2022(3):84-89 (in Chinese)

[3] 宋晓威,王希龙,房甄. 农户对农业绿色生产技术响应的影响因素:以青岛市为例[J]. 地域研究与开发,2021,40(2):129-134
Song X W, Wang X L, Fang Z. Influencing factors of farmers' response to agricultural green production technology: A case study of Qingdao City[J]. *Areal Research and Development*, 2021,40(2):129-134 (in Chinese)

[4] 张晓慧,李天驹,陆爽. 电商参与、技术认知对农户绿色生产技术采纳程度的影响[J]. 西北农林科技大学学报:社会科学版,2022,22(6):100-109
Zhang X H, Li T J, Lu S. E-commerce participation, technology perception and farmers' green production technology adoption process[J]. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*, 2022, 22(6):100-109 (in Chinese)

[5] 李芬妮,张俊飚. 饥荒经历对农户绿色生产技术选择的影响:促进还是抑制[J]. 华中农业大学学报:社会科学版,2022(5):78-88
Li F N, Zhang J B. The impact of great famine experience on farmers green production technology selection choice: Positive or negative[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2022(5):78-88 (in Chinese)

[6] 薛彩霞. 农户政治身份对绿色农业生产技术的引领效应[J]. 西北农林科技大学学报:社会科学版,2022,22(3):148-160
Xue C X. Leading effect of households' political identity on green agricultural production technology [J]. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*, 2022,22(3):148-160 (in Chinese)

[7] 杨彩艳,齐振宏,黄炜虹,陈雪婷. 效益认知对农户绿色生产技术采纳行为的影响:基于不同生产环节的异质性分析[J]. 长江流域资源与环境,2021,30(2):448-458
Yang C Y, Qi Z H, Huang W H, Chen X T. Impact of benefit cognition on farmers' green production technology adoption behavior: Based on the heterogeneity analysis of different production links[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021,30(2):448-458 (in Chinese)

[8] 尹丽,赵振洋,张永旺. 风险不确定性感知会影响农业绿色生产行为吗:来自农业绿色发展先行区的证据[J]. 干旱区资源与环境,2022,36(9):26-32
Yin L, Zhao Z Y, Zhang Y W. Dose the risk uncertainty perception affect agricultural green production behavior: Evidence from the agricultural green development going-first area[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2022,36(9):26-32 (in Chinese)

[9] 夏雯雯,杜志雄,郜亮亮. 家庭农场经营者应用绿色生产技术的影响因素研究:基于三省452个家庭农场的调研数据[J]. 经济纵横,2019(6):101-108
Xia W W, Du Z X, Gao L L. Research on the factors affecting the application of green production technology by family farm operators: Based on survey data of 452 family farms in three provinces[J]. *Economic Review Journal*, 2019(6):101-108 (in Chinese)

[10] 朱鹏,郑军,张明月,赵晓颖. 参加合作社能否促进粮农的绿色生产技术采纳行为:基于内生动力和外部约束视角[J]. 世界农业,2022(11):71-82
Zhu P, Zheng J, Zhang M Y, Zhao X Y. Can participation in cooperatives promote the application behavior of green planting technology by grain farmers: Based on the perspective of endogenous motivation and external constraints[J]. *World Agriculture*, 2022(11):71-82 (in Chinese)

[11] 许佳彬,王洋,李翠霞. 环境规制政策情境下农户认知对农业绿色生产意愿的影响:来自黑龙江省698个种植户数据的验证[J]. 中国农业大学学报,2021,26(2):164-176
Xu J B, Wang Y, Li C X. Impact of farmers' cognition on the willingness of green production in the context of environmental regulation policy: Data verification from 698 growers in Heilongjiang Province[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021,26(2):164-176 (in Chinese)

[12] 彭新慧,闫小欢. 互联网使用对苹果种植户绿色生产技术采纳行为的影响[J]. 北方园艺,2022(17):147-153
Peng X H, Yan X H. Influence of the Use of internet on apple growers' adoption of green production technology [J]. *Northern Horticulture*, 2022(17):147-153 (in Chinese)

[13] 高天志,冯辉,陆迁. 数字农技推广服务促进了农户绿色生产技术选择吗:基于黄河流域3省微观调查数据[J/OL]. 农业技术经济. [2023-03-20]. https://doi.org/10.13246/j.cnki.jae.20220425.001
Gao T Z, Feng H, Lu Q. Can digital agricultural extension services promote farmers' green production technology choices: Based on micro-survey data from three provinces in the Yellow River basin [J/OL]. *Journal of Agrotechnical Economics*. [2023-03-20]. https://doi.org/10.13246/j.cnki.jae.20220425.001 (in Chinese)

[14] 李家辉,陆迁. 数字金融对农户采用绿色生产技术的影响[J]. 资源科学,2022,44(12):2470-2486
Li J H, Lu Q. The impact of digital finance on farmers' adoption of green production technologies[J]. *Resources Science*, 2022, 44(12): 2470-2486 (in Chinese)

[15] 苏岚岚,张航宇,彭艳玲. 农民数字素养驱动数字乡村发展的机理研究[J]. 电子政务,2021(10):42-56
Su L L, Zhang H Y, Peng Y L. A study on the mechanism of farmers' digital literacy driving digital village development [J]. *E-Government*, 2021(10):42-56 (in Chinese)

[16] 马丽,杨艳梅. 农民数字素养赋能乡村振兴的理论机制与路径研究[J]. 农业经济与管理,2022(6):46-54
Ma L, Yang Y M. Research on theoretical mechanism and path of rural revitalization empowered by farmer' digital literacy [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2022(6):46-54 (in Chinese)

[17] 武小龙,王涵. 农民数字素养:框架体系、驱动效应及培育路径:一个胜任素质理论的分析视角[J/OL]. 电子政务,[2023-03-21]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5181.TP.20230314.1716.006.html
Wu X L, Wang H. Farmers' digital literacy: framework system, driving

effects and cultivation paths: An analytical perspective of competency quality theory[J/OL]. *E-Government*, [2023-03-21]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5181.TP.20230314.1716.006.html (in Chinese)

[18] 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
Li X J, Chen Z, Xia X L. The impact of digital literacy on farmers' entrepreneurial behavior: An analysis based on the spatial durbin model[J]. *Journal of Zhongnan University of Economics and Law*, 2022(1): 123-134 (in Chinese)

[19] 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
Shan D P, Zhang Y Q, Wang Y. Farmers' digital literacy property income and common prosperity[J]. *Journal of Minzu University of China: Philosophy and Social Sciences Edition*, 2022, 49(3): 143-153 (in Chinese)

[20] 王杰，蔡志坚，吉星. 数字素养、农民创业与相对贫困缓解[J]. 电子政务，2022(8)：15-31
Wang J, Cai Z J, Ji X. Digital literacy, farmer entrepreneurship and relative poverty alleviation[J]. *E-Government*, 2022(8): 15-31 (in Chinese)

[21] 余威震，罗小锋，李容容，薛龙飞，黄磊. 绿色认知视角下农户绿色技术采纳意愿与行为悖离研究[J]. 资源科学，2017，39(8)：1573-1583
Yu W Z, Luo X F, Li R R, Xue L F, Huang L. The paradox between farmer willingness and their adoption of green technology from the perspective of green cognition[J]. *Resources Science*, 2017, 39(8): 1573-1583 (in Chinese)

[22] 黄炎忠，罗小锋，李容容，张俊飚. 农户认知、外部环境与绿色农业生产意愿：基于湖北省632个农户调研数据[J]. 长江流域资源与环境，2018，27(3)：680-687
Huang Y Z, Luo X F, Li R R, Zhang J B. Farmer cognition, external environment and willingness of green agriculture production: Based on the survey data of 632 farmers in Hubei Province[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(3): 680-687 (in Chinese)

[23] 楚德江. 公益属性视域中的绿色农业技术创新：困境与出路[J]. 科学管理研究，2021，39(6)：117-125
Chu D J. Green agricultural technology innovation in the perspective of public welfare attributes: Dilemma and path choice[J]. *Scientific Management Research*, 2021, 39(6): 117-125 (in Chinese)

[24] 陈柱康，张俊飚，何可. 技术感知、环境认知与农业清洁生产技术采纳意愿[J]. 中国生态农业学报，2018，26(6)：926-936
Chen Z K, Zhang J B, He K. Technical perception, environmental awareness and adoption willingness of agricultural cleaner production technology[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2018, 26(6): 926-936 (in Chinese)

[25] 尚燕，颜廷武，江鑫，张童朝，张俊飚. 绿色化生产技术采纳：家庭经济水平能唤醒农户生态自觉性吗[J]. 生态与农村环境学报，2018，34(11)：988-996
Shang Y, Yan T W, Jiang X, Zhang T C, Zhang J B. Adoption of green production technology: Can family economic condition arouse farmers' ecological consciousness[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2018, 34(11): 988-996 (in Chinese)

[26] 许月丽，孙昭君，李帅. 数字普惠金融与传统农村金融：替代抑或互补：基于农户融资约束放松视角[J]. 财经研究，2022，48(6)：34-48
Xu Y L, Sun Z J, Li S. Digital inclusive finance and traditional rural finance: Substitution or complementarity: From the perspective of relaxing farmers' financing constraints[J]. *Journal of Finance and Economics*, 2022, 48(6): 34-48 (in Chinese)

[27] 李志平. 资金困境、金融深化与我国农业技术进步：基于浙、滇和豫三省253个农户问卷的思考[J]. 江汉论坛，2012(6)：44-47
Li Z P. Financial dilemma, financial deepening and agricultural technology progress in China: Reflections based on 253 farmers' questionnaires in Zhejiang, Yunnan and Henan Provinces[J]. *Jianghan Tribune*, 2012(6): 44-47 (in Chinese)

[28] 张龙耀，李超伟，王睿. 金融知识与农户数字金融行为响应：来自四省农户调查的微观证据[J]. 中国农村经济，2021(5)：83-101
Zhang L Y, Li C W, Wang R. Financial literacy and rural households' response to digital financial behavior: Micro evidence from rural household survey in four provinces[J]. *Chinese Rural Economy*, 2021(5): 83-101 (in Chinese)

[29] 宋佳琪，白子玉，刘俊杰. 数字金融发展背景下农户信贷约束影响因素实证分析：基于传统信贷和数字信贷的比较[J]. 世界农业，2022(3)：62-73
Song J Q, Bai Z Y, Liu J J. An empirical analysis of the influencing factors of farmers' credit constraints in the context of digital finance development: Based on the comparison of traditional credit and digital credit[J]. *World Agriculture*, 2022(3): 62-73 (in Chinese)

[30] 张永奇. 数字普惠金融对农村土地流转的影响及机制研究：来自CFPS与PKU-DFIIC的经验证据[J]. 经济与管理，2022，36(3)：30-40
Zhang Y Q. Study on the influence and mechanism of digital inclusive finance on rural land transfer: Empirical evidence from CFPS and PKU-DFIIC[J]. *Economy and Management*, 2022, 36(3): 30-40 (in Chinese)

[31] 刘子涵，辛贤，吕之望. 互联网农业信息获取促进了农户土地流转吗[J]. 农业技术经济，2021(2)：100-111
Liu Z H, Xin X, Lv Z W. Does farmers' access to agricultural information on the internet promote the land transfer[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(2): 100-111 (in Chinese)

[32] 张朝辉，刘怡彤. 土地流转对农户绿色防控技术采纳的影响[J]. 统计与信息论坛，2021，36(9)：89-97
Zhang Z H, Liu Y T. Impact of land transfer on the farmers' adoption of green control technology: Evidence from ESR model[J]. *Journal of Statistics and Information*, 2021, 36(9): 89-97 (in Chinese)

[33] 陈雪婷，冯中朝，黄炜虹，齐振宏，杨彩艳. 经营规模对农户异质性生态生产行为的影响研究[J]. 长江流域资源与环境，2021，30(5)：1252-1263
Chen X T, Feng Z C, Huang W H, Qi Z H, Yang C Y. Study on the impact of operation scale on farmers' heterogeneous ecological production behavior[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(5): 1252-1263 (in Chinese)

[34] 赵昶，孔祥智，仇焕广. 农业经营规模扩大有助于化肥减量吗：基于全国1274个家庭农场的计量分析[J]. 农业技术经济，2021(4)：110-121
Zhao C, Kong X Z, Qiu H G. Does the expansion of farm size contribute to the reduction of chemical fertilizers: Empirical analysis based on 1274 family farms in China[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(4): 110-121 (in Chinese)

[35] 彭代彦，李亚诚，李昌齐. 互联网使用对环保态度和环保素养的影响研究[J]. 财经科学，2019(8)：97-109
Peng D Y, Li Y C, Li C Q. The influence of internet use on environmental attitude and literacy[J]. *Finance & Economics*, 2019(8): 97-109 (in Chinese)

[36] 朱红根，单慧，沈煜，张利民，周焱. 数字素养对农户生活垃圾分类意愿及行为的影响研究[J]. 江苏大学学报：社会科学版，2022，24(4)：35-53
Zhu H G, Shan H, Shen Y, Zhang L M, Zhou Y. The influence of digital literacy on villagers' waste classification willingness and behavior[J]. *Journal of Jiangsu University: Social Science Edition*, 2022, 24(4): 35-53 (in Chinese)

[37] 张童朝，颜廷武，何可，张俊飚. 利他倾向、有限理性与农民绿色农业技术采纳行为[J]. 西北农林科技大学学报：社会科学版，2019，19(5)：115-124
Zhang T C, Yan T W, He K, Zhang J B. Altruistic tendency, bounded rationality and farmers' green agricultural technology adoption[J]. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*, 2019, 19(5): 115-124 (in Chinese)

[38] 吴雪莲，张俊飚，丰军辉. 农户绿色农业技术认知影响因素及其层级结构分解：基于Probit-ISM模型[J]. 华中农业大学学报：社会科学版，2017(5)：36-45，145
Wu X L, Zhang J B, Feng J H. Research on factors influencing framers' cognition of green agricultural technologies and the stratification: Based on Probit-ISM model[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University:*

Social Sciences Edition,2017(5):36-45,145(in Chinese)

[39] Reddy P, Sharma B, Chaudhary K. Digital literacy: A review of literature[J]. *International Journal of Technoethics*, 2020, 11(2): 65-94

[40] 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
Wen T, Liu Y B. Digital literacy, financial knowledge with farmers' response to digital financial behavior[J]. *Research on Financial and Economic Issues*,2023(2):50-64(in Chinese)

[41] 胡杰,王宗林,罗剑朝. 数字金融使用与农民幸福感:基于创业中介视角的实证[J]. 中国农业大学学报,2023,28(3):250-264
Hu J, Wang Z L, Luo J C. Use of finance and farmers' happiness: Empirical evidence based on an entrepreneurial intermediary perspective[J]. *Journal of China Agricultural University*,2023,28(3):250-264(in Chinese)

[42] Koc H. The level of inclusion of environmental literacy components in the published course books with regard to 2005 geography teaching programmes in Turkey[J]. *International Journal of Academic Research*, 2013,5(1): 243-250

[43] 耿鹏鹏,罗必良. 逃离抑或竞争:地权稳定性对农民教育投资的影响[J]. 经济评论,2023(1):73-89
Geng P P, Luo B L. Flee or compete: The impact of land rights stability on farmers' education investment[J]. *Economic Review*,2023(1):73-89(in Chinese)

[44] 任重,郭焱. 价值感知、社会资本对农户秸秆还田技术采纳行为的影响[J]. 江西财经大学学报,2022(4):97-107
Ren Z, Guo Y. The Influence of value perception and social capital on farmers' adoption of the straw-returning-to-field technology[J]. *Journal of Jiangxi University of Finance and Economics*,2022(4):97-107(in Chinese)

[45] Roodman D. Fitting fully observed recursive mixed-process models with cmp[J]. *The Stata Journal*, 2011, 11(2): 159-206

[46] 罗千峰,赵奇锋,邱海兰. 数字技能与农户财产性收入:基于中国乡村振兴综合调查(CRRS)数据[J/OL]. 当代经济管理,[2023-04-27]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1356.f.20230328.0905.002.html
Luo Q F, Zhao Q F, Qiu H L. Digital skills and property income of farming households: Based on data from the China Rural Revitalization Survey (CRRS)[J/OL]. *Contemporary Economic Management*, [2023-04-27]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1356.f.20230328.0905.002.html(in Chinese)

[47] 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

[48] Zhou D, Li B. How the new media impacts rural development in China: An empirical study[J]. *China Agricultural Economic Review*, 2017, 9(2): 238-254

[49] 陈欢,周宏,孙顶强. 信息传递对农户施药行为及水稻产量的影响:江西省水稻种植户的实证分析[J]. 农业技术经济,2017(12):23-31
Chen H, Zhou H, Sun D Q. Effects of information transfer on pesticide application behavior and rice yield of farmers: An empirical analysis of rice growers in Jiangxi Province[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2017(12):23-31(in Chinese)

[50] 张丰翼,颜廷武,张俊飚. 社会互动对农户绿色技术采纳行为的影响:基于湖北省1004份农户调查数据的分析[J]. 生态与农村环境学报,2022,38(1):43-51
Zhang F Y, Yan T W, Zhang J B. Effect of social interaction on farmers' adoption of green technologies: Evidence from 1004 household survey data in Hubei Province[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2022,38(1):43-51(in Chinese)

[51] 唐林,罗小锋. 邻里效应能否促使稻农施用生物农药:基于鄂、赣、浙三省农户调查数据的考察[J]. 自然资源学报,2022,37(3):718-733
Tang L, Luo X F. Can the neighborhood effect encourage rice farmers to apply biological pesticides: Evidence from survey data of farmers in Hubei, Jiangxi and Zhejiang Provinces[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022,37(3):718-733(in Chinese)

[52] 史雨星,秦国庆,赵敏娟,蔡瑜,李超琼. 邻里效应对牧户载畜率决策的影响:北方牧区的经验证据[J]. 中国人口·资源与环境,2022,32(1):155-167
Shi Y X, Qin G Q, Zhao M J, Cai Y, Li C Q. Impact of neighborhood effect on herders' stocking rate decision: Evidence from pastoral areas in northern China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2022,32(1):155-167(in Chinese)

责任编辑:王岩

第一作者简介:孙子烨,东北农业大学农村区域发展专业博士研究生。曾获东北农业大学优秀共产党员、优秀三好学生、国家奖学金、研究生学业奖学金等荣誉称号。专业方向为事物与健康经济、农户绿色生产问题,参加国家社会科学基金(21BJY249)、中央农办农业农村部乡村振兴专家咨询委员会软科学课题(202312)、黑龙江省社科基金重大项目(22GLF524)等课题研究,在《干旱区资源与环境》《农业经济与管理》等刊物发表学术论文。

通讯作者简介:余志刚,博士,教授,东北农业大学经济管理学院院长,博士研究生导师,农村与区域发展学科带头人。主要从事粮食经济与农户行为、农业经济理论与政策的研究,主持国家社科基金、国家自然基金、教育部基金、农业部等省部级以上项目13项,在*China Agricultural Economic Review*,《农业经济问题》《农业技术经济》等期刊发表论文60余篇,出版专著2部,以第一完成人获省社科优秀成果一、二、三等奖各1项。兼任中国小康建设研究会智库研究员、中国农业技术经济学会理事、黑龙江省人大常委会代表建议办理专家评估委员会委员、黑龙江省三农促进会副秘书长、黑龙江省经济学会常务理事等。