

数字金融对规模经营农户新技术采用的影响*

翁飞龙¹ 霍学喜^{1,2}

摘要：农业新技术推广对提升农业生产效率、促进农业可持续发展意义重大。本文以苹果栽培新技术为例，分析数字金融对规模经营农户新技术采用的影响，并利用陕西省苹果主产区414户规模经营农户的微观数据进行实证检验。结果表明：数字金融对规模经营农户新技术采用具有显著的促进作用。从技术类型看，数字金融主要促进了新品种及配套栽培技术和花果管理新技术的采用。虽然数字金融影响的规模门槛效应尚未显现，但基于不同经营规模农户的分组研究发现，数字金融对规模经营农户新技术采用的影响在中等规模组最大。数字金融对处于家庭生命周期不同阶段的规模经营农户新技术采用的影响存在差异。机制分析表明，数字金融主要通过缓解信贷约束、降低风险冲击、促进市场参与影响规模经营农户新技术采用，且中介效应在不同经营规模、家庭生命周期不同阶段以及不同技术类型方面存在差异。

关键词：数字金融 新技术采用 家庭生命周期 规模经营农户

中图分类号：F323.3 **文献标识码：**A

一、引言

2023年中央“一号文件”明确了建设农业强国的内涵特征，包括供给保障强、科技装备强、经营体系强、产业韧性强和竞争能力强^①。建设农业强国，重点在科技。2022年中国农业科技进步贡献率达到了62.40%^②，但与发达国家（80.00%以上）相比差距较大（宋洪远和江帆，2023）。导致农业技术扩散缓慢的重要原因是采用农业新技术需要较高的前期资金投入，但农村金融市场存在信息不对称，农村家庭面临较为严重的信贷约束，这会影响到农户采用农业新技术的积极性（Li and Huo, 2021）。

*本文是农业农村部、财政部重点专项资金项目“国家现代农业产业技术体系（苹果）”（编号：CARS-28）和国家自然科学基金重点项目“我国西部农业市场培育与开放研究”（编号：71933005）的阶段性研究成果。本文通讯作者：霍学喜。

^①参见《中共中央 国务院关于全面推进乡村振兴重点工作的意见》，https://www.gov.cn/zhengce/2023-02/13/content_5741370.htm。

^②资料来源：《〈中国农业展望报告（2023-2032）〉发布 我国粮食和重要农产品稳定安全供给能力持续增强》，《农民日报》2023年4月21日003版。

数字金融的快速发展为破解该难题提供了可能性。数字金融可以利用大数据技术挖掘海量数据，依托云计算技术精准评估与识别农户的信用等级与违约风险，有效解决农户信贷过程中的信息不对称问题（Xu et al., 2022）。偏远农村地区的农户也可以享受便捷的金融服务，数字金融显著降低了市场交易成本，有效拓宽了交易的可能边界（Peng and Mao, 2023）。因此，研究总结数字金融与农业新技术采用的关系，对更好地发挥数字金融推动农业技术扩散的作用、促进农业现代化具有理论与政策意义。

学术界主要从农户特征、家庭特征、信息因素和环境因素等方面对农户新技术采用的影响因素进行探讨。其中，农户特征主要包括性别、年龄和受教育程度等（Wainaina et al., 2016），家庭特征主要包含收入水平、经营规模和兼业程度等（赵肖柯和周波，2012），信息因素主要涉及社会网络（李博伟和徐翔，2017）、信息技术（Zheng et al., 2022）等，环境因素主要指政策因素、自然因素、市场环境等（满明俊等，2010）。在信贷方面，金融机构提供的信贷支持可以缓解农户的流动性约束，促使其采用新技术（Mukherjee, 2020；魏昊等，2020）。数字金融在农村地区普及渗透，深刻影响着农业发展，学术界高度重视数字金融影响农户绿色生产技术采用的相关研究。研究表明，缓解信贷约束（提高信贷可得性）、促进信息获取（提高信息可得性）、增强社会信任（促进社会互动）、提高风险承受水平是数字金融影响农户绿色生产技术采用的主要机制（Yu et al., 2020；Zhao et al., 2022；李家辉和陆迁，2022）。但既有研究并未严格根据数字金融的核心功能选取合适的机制变量，且机制分析混淆了数字金融与互联网的功能作用，如在促进信息获取（提高信息可得性）、增强社会信任（促进社会互动）等方面（Yu et al., 2020；Zhao et al., 2022；李家辉和陆迁，2022），数字金融的作用并不等同于互联网的作用。数字金融的功能作用主要体现在缓解信贷约束、提高支付便利性（降低交易成本）、提供风险保障等方面。此外，既有研究缺乏对农业新技术的关注。与传统农业技术相比，农业新技术具有高收益、高成本与高风险的特点，导致农户接受与采用农业新技术存在不确定性。那么，数字金融是否以及如何影响农户新技术采用？这需要进行系统研究。

为此，本文采用陕西省苹果主产区 414 户规模经营农户的微观数据，以苹果栽培新技术为例，分析数字金融对规模经营农户新技术采用的影响及其作用机制，考察数字金融影响的规模门槛效应、异质性影响和差异化作用机制。本文试图从两方面拓展现有研究：一是在理论方面，基于数字金融与技术的双重属性，本文提出数字金融可以从缓解信贷约束、降低风险冲击、促进市场参与三方面影响规模经营农户新技术采用，并聚焦促进市场参与的新作用机制。二是在新技术采用的适用情境方面，本文分析数字金融对不同经营规模、处于家庭生命周期不同阶段的规模经营农户新技术采用行为的差异性影响，以及数字金融对规模经营农户采用不同类型技术的影响。此外，本文还探究基于经营规模、家庭生命周期所处阶段、技术类型异质性的中介效应，有助于更深入地了解数字金融对新技术采用的影响。

本文选择苹果规模经营农户作为研究对象的依据是：第一，苹果属于典型的高价值农产品，在目标市场上具有较高的收入需求弹性，市场竞争较为充分，加之苹果生产具有劳动、资本和技术密集型特征，苹果规模经营农户对新技术相对敏感，因而更倾向于采用新技术。第二，苹果是中国第二大类水果，且苹果产业正处于技术变革转型期，即从传统的乔化栽培技术模式向矮化栽培集约技术模式转变。因此，

探索数字金融影响苹果规模经营农户新技术采用的规律和效果，在高价值农业产业领域具有代表性。

二、理论分析

（一）概念界定

1. 数字金融。数字金融是指传统金融机构和互联网公司利用数字技术实现融资、支付、投资和其他新型金融业务的模式（黄益平和黄卓，2018）。本文涉及的数字金融产品和服务主要包括支付、贷款、理财和保险业务等。

2. 规模经营农户。规模经营农户是指以家庭成员为主要劳动力，从事规模化、集约化、商品化农业生产经营，并以农业收入为主要收入来源的经营单元（陈晓华，2014）。本文综合了陕西省果业部门对规模经营农户的认定标准，以及学术界对规模经营农户的界定标准（如黄祖辉和俞宁，2010），将苹果种植面积在 20 亩及以上的农户界定为规模经营农户（以下简称“规模户”）。

3. 新技术采用。本文研究提及的新技术是与规模户以往生产经营中采用的农业技术相比较而言的，是在一定范围内规模户初次采用的农业技术。农业新技术类型多样，本文聚焦于苹果栽培新技术。其原因是：第一，不同类型的农业新技术会因技术属性（要素投入密集度与技术风险）不同而对规模户技术选择产生较大的差异性影响，不利于厘清数字金融影响规模户新技术采用的内在机理；第二，苹果栽培技术的选择合理与否，直接影响苹果产量与质量，因而本文选择苹果栽培新技术作为研究对象具有现实意义。苹果栽培技术主要包括选种育苗、土肥水管理、花果管理、病虫害防治和整形修剪（郝淑英等，2002）。结合实际情况，本文选取了 4 项苹果栽培子技术：新品种及配套栽培技术、土肥水管理新技术、花果管理新技术、病虫害防治新技术，并以采用新技术的数量来衡量规模户新技术采用情况。具体而言，苹果新品种及配套栽培技术主要是指选择抗逆性强、早实丰产的优良新品种，并根据品种特性选择配套的栽培技术；土肥水管理新技术主要包括测土配方施肥、水肥一体化、缓控释肥施用技术等；花果管理新技术主要包括专用授粉树配植技术、新型无害化学疏花疏果技术、果实免套袋技术等；病虫害防治新技术主要包括物理防治技术（新型杀虫灯、诱捕器等）和生物防治技术（喷施新型生物农药等）。

（二）数字金融对规模户新技术采用影响的机制分析

1. 缓解信贷约束。借鉴既有文献成果（如魏昊等，2020；马九杰等，2022），本文假设规模户为理性经济人，其生产决策受到经济效益驱动。同时，本文将农业新技术采用视为投资行为，假定通过资金借贷实现新技术采用能够增加农户农业收入。在此基础上，本文构建了一个两期动态模型，具体为：假设在时期 0，规模户从事农业生产可投入的现金总量为 Q_0 ，种植面积为 T ，农业劳动力投入为 L 。资本投入为 $I = I_1 + I_2$ ，其中， I_1 为化肥农药等生产性资本投入， I_2 为农业新技术投入。其他生产成本为 C ，银行贷款规模为 H_0 ，利率为 r_0 。时期 0 的规模户的净收入为 D_0 ；在时期 1，规模户将农业收入用于偿还银行贷款 H_0 ，时期 1 的规模户的净收入为 D_1 。假定规模户的生产函数为扩展的柯布一道格拉斯函数：

$$y = F(I, L, T) = AI^\alpha L^\beta T^\gamma \quad (1)$$

(1) 式中： y 表示农业产出水平， A 表示规模户的技术水平， α 、 β 、 γ 分别为资本投入、劳动力投入和土地投入的产出弹性系数，取值介于 0 到 1 之间。本文主要是从资金筹措和投入视角研究规模户新技术采用行为，因而假定资金和技术以外的其他因素均为既定因素。

假定农业产出为单位价格，不存在折现问题，那么，规模户在时期 0 和时期 1 的净收入分别为：

$$D_0 = Q_0 + H_0 - I_1 - I_2 - C \quad (2)$$

$$D_1 = AI^\alpha L^\beta T^\gamma - (1+r_0)H_0 \quad (3)$$

设定规模户目标函数为各期净收入的总期望值，即将时期 0 和时期 1 的两期净收入相加，得到规模户的总期望收入。假设规模户追求的是两期净收入之和最大化，则规模户净收入 π_1 最大化的目标函数为：

$$\max \pi_1 = E(\sum_{t=0}^1 D_t) = AI^\alpha L^\beta T^\gamma + Q_0 - I_1 - I_2 - C - r_0 H_0 \quad (4)$$

假设新技术投资资金全部或部分来自信贷资金，则规模户在时期 0 的信贷约束条件（信贷限制）为：

$$0 \leq H_0 \leq gI_2, \quad g \in (0, 1] \quad (5)$$

(5) 式中： g 表示规模户所获得的信贷资金占新技术投资资金的比例。

根据上述理论框架，面对不同的信贷可得条件，规模户在净收入最大化目标函数下的新技术最优投资决策存在明显差异。对信贷可得的规模户而言，所有可能提升规模户净收入的农业新技术投资均可以得到信贷资金支持；而对于无法获得信贷资金的规模户，有限的资金仅能覆盖一部分的新技术投资，可能难以满足规模户净收入最大化的资金需求。下文将对上述公式进行求解，通过对比分析来识别信贷可得性对规模户新技术投资的影响。

首先，考虑第一种情境，在信贷可得条件下规模户的最优农业新技术投资。第一，当不存在信贷约束时，贷款 H_0 能够全部覆盖农业新技术投资金额 I_2 ，规模户按照净收入最大化目标决定其最优的新技术投资金额，则存在：

$$H_0 = I_2 \quad (6)$$

将 (6) 式代入 (4) 式求解，可得规模户在无信贷约束条件下的最优农业新技术投资 $I_{\text{优}}^*$ 为：

$$I_{\text{优}}^* = \left(\frac{\alpha AL^\beta T^\gamma}{1+r_0} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}, \quad g=1 \quad (7)$$

第二，当存在信贷约束时，贷款 H_0 只能部分覆盖规模户农业新技术投资金额 I_2 ($0 < g < 1$, $H_0 < I_2$)，假设规模户会将时期 0 的净收入尽可能配置到时期 1，以实现较优投入，则存在：

$$H_0 = gI_2 \quad (8)$$

将 (8) 式代入 (4) 式求解，可得规模户在信贷约束条件下的最优农业新技术投资 $I_{\text{约}}^*$ 为：

$$I_{约}^* = \left[\frac{\alpha AL^\beta T^\gamma}{(1+r_0)g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}, D_0=0 \quad (9)$$

其次，考虑第二种情境，在信贷不可得情境下规模户最优的农业新技术投资。对于无法获得信贷资金的规模户而言，有限的资金仅能覆盖一部分农业新技术投资，可能难以满足净收入最大化的资金需求。同样假设规模户会将时期0的净收入尽可能配置到时期1。将（9）式代入（4）式求解，可得规模户在信贷不可得情境下的最优农业新技术投资 $I_{无}^*$ 为：

$$I_{无}^* = Q_0 - I_1 - C, D_0=0, H_0=0 \quad (10)$$

根据（2）式和（8）式，当存在信贷约束时， $I_2 = \frac{Q_0 - I_1 - C}{1-g}$ 。当 $g \in (0,1)$ 时， $I_{约}^* = \left[\frac{\alpha AL^\beta T^\gamma}{(1+r_0)g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} = \frac{Q_0 - I_1 - C}{1-g} > Q_0 - I_1 - C$ 。当不存在信贷约束，即 $g=1$ 时，农业新技术投资水平达到最优，此时， $I_{优}^*$ 为最大值，且 $I_{优}^* > I_{约}^* > I_{无}^*$ 。这说明，完全或部分获得信贷资金支持的规模户的农业新技术投资力度要明显高于无法获得信贷支持的规模户。

数字金融的发展为缓解规模户融资困境带来新的解决方案。研究表明，数字金融可以利用数字技术缓解信息不对称、降低交易成本和规避道德风险，进而提升规模户的信贷可得性（Xu et al., 2022）。为此，本文进一步探究数字金融情境下规模户（本文特指那些无法从传统金融渠道获得信贷资金的规模户）最优的农业新技术投资水平。

假设规模户通过数字金融渠道获得的信贷资金规模为 H_1 （ $0 < H_1 \leq H_0$ ），利率为 r_1 ，则规模户在时期0和时期1的净收入分别为： $D_0 = Q_0 + H_1 - I_1 - I_2 - C$ 和 $D_1 = AI^\alpha L^\beta T^\gamma - (1+r_1)H_1$ 。规模户净收入 π_2 最大化的目标函数为：

$$\max \pi_2 = E\left(\sum_{t=0}^1 D_t\right) = AI^\alpha L^\beta T^\gamma + Q_0 - I_1 - I_2 - C - r_1 H_1 \quad (11)$$

同理，可得规模户的最优农业新技术投资 I^* 为：

$$I^* = \left[\frac{\alpha AL^\beta T^\gamma}{(1+r_1)g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (12)$$

比较 I^* 和 $I_{无}^*$ 可知：

$$I^* - I_{无}^* = \left[\frac{\alpha AL^\beta T^\gamma}{(1+r_1)g} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} - (Q_0 - I_1 - C) > 0 \quad (13)$$

由（13）式可知，数字金融提供的信贷支持助推无法从传统金融渠道获得信贷资金的规模户增加农业新技术投资。

2.降低风险冲击。作为理性经济人的规模户在进行新技术采用决策时，不仅追求收入最大化，还要考虑风险因素。采用农业新技术需要较高的前期资金投入，且可能受到新技术成熟度不够及使用不当、农产品市场价格波动、自然灾害等风险或因素的影响。在生产经营风险较大的情境下，规模户因

担心无法达到农业新技术投资的预期目标而对农业新技术采用持有谨慎的态度，制约其农业新技术采用。现阶段数字金融在农业生产领域的渗透率得到有效提升，规模户可以通过数字金融平台购买保险产品来分散和转移农业生产面临的各种风险，从而降低风险冲击对农业生产的负面影响（吴雨等，2021）。数字金融的支付功能还有助于强化家庭风险分担网络建设。当面临风险冲击时，规模户可以借助数字金融的支付功能，及时获得家庭风险分担网络成员的资金支持，有效应对风险冲击（Djahini-Afawoubo et al., 2023）。这增强了规模户农业新技术投资的信心，刺激其采用农业新技术。

3.促进市场参与。数字金融为规模户参与市场提供了契机（Yao et al., 2022）。当作为生产资料购买者购买优质苗木、生物农药等新技术时，规模户可以借助移动支付工具快速完成各类交易。当规模户作为销售者时，移动支付的低成本、便捷性优势可大幅提高交易效率和扩大交易规模，显著降低规模户的交易成本。此外，农产品电商市场参与存在资金门槛，数字信贷服务可以为规模户参与农产品电商市场提供资金支持（周亚虹等，2023）。数字保险服务则可以提供诸如退运险、财产险、网络安全保险等保险产品，有效分散规模户的经营风险，促进规模户的市场参与。销售收入的增加可以充分调动规模户的生产积极性，激励其增加农业新技术投资。同时，规模户还可以根据市场需求，及时转变生产方式和改进农产品质量，例如选择优质高产的优良品种、标准化苗木技术、绿色生产技术等，进而促使其采用农业新技术（李晓静等，2020）。基于上述分析，本文提出研究假说 H1。

H1：数字金融能够显著促进规模户的农业新技术采用。

（三）数字金融对规模户农业新技术采用影响的规模门槛效应

农地经营规模是影响规模户农业新技术采用决策的重要因素，经营规模变动会引起规模户采用农业新技术的收益与成本的变化，进而影响其新技术采用行为（Mao et al., 2021）。当规模户经营规模较小时，采用农业新技术虽然能够给规模户带来一定的经济效益，但采用农业新技术的资金投入与掌握农业新技术所花费的时间成本较高，过小的经营规模也不利于农业新技术作用的发挥（钱忠好等，2023）。因此，规模户缺乏经济效益驱动，采用农业新技术的积极性不高，进而导致数字金融对规模户农业新技术采用的促进作用较弱。当规模户的经营规模扩大，并跨过规模门槛后，传统的种植模式将不具备规模效益，规模户为降低生产成本、提高规模效益，迫切需要引入新技术（赵肖柯和周波，2012）。此外，经营规模扩大可显著降低单位土地面积所分摊的采用农业新技术的成本，可以有效发挥农业新技术的效果，增加农业收入（Hu et al., 2022）。这充分调动了规模户的生产积极性，激励其增加农业新技术投资，因而数字金融对规模户农业新技术采用的促进作用将增强。基于此，本文提出研究假说 H2。

H2：数字金融对规模户农业新技术采用的影响存在规模门槛，即当规模户的经营规模超过门槛值后，数字金融对规模户农业新技术采用的促进作用将增强。

三、研究设计

（一）数据来源

本文数据源自 2022 年 3—4 月国家苹果产业技术体系产业经济研究室在陕西省苹果主产区完成的

实地调研。为确保调研样本的代表性，调研组根据多阶段分层抽样原则，采用概率与规模成比例抽样方法，选取延安市的洛川县和黄陵县作为样本地区。选取延安市洛川县与黄陵县的原因是：首先，陕西省共有 30 个国家苹果基地县，分布在宝鸡、咸阳、渭南、铜川、延安 5 个市。根据《陕西统计年鉴 2022》相关数据，2021 年延安市苹果基地县的苹果种植面积占全省苹果种植总面积的 26.96%，苹果产量占全省苹果总产量的 29.50%。可见，选取延安市为样本区域具有一定代表性。其次，洛川县是全国苹果产业技术示范基地县，2021 年苹果种植面积为 3.57 万公顷，产量为 98.50 万吨，面积和产量均居全省苹果基地县首位；黄陵县是陕西省苹果栽培模式典型示范县，2021 年苹果种植面积为 1.41 万公顷，产量为 37.82 万吨，在全省 30 个苹果基地县中分别位列第 19 位、第 12 位。因此，本文以苹果产业较为发达且处于技术变革关键时期的洛川县、黄陵县为样本县，能够较好地把握现阶段陕西省苹果产业技术变革趋势及其投融资需求情况。在样本县中，洛川县有 9 个乡镇（街道），黄陵县有 6 个乡镇（街道）。调研组综合考量了样本县各乡镇（街道）的经济发展水平以及苹果规模户分布情况（通过询问当地果业部门工作人员），在洛川县选取 6 个乡镇（街道），在黄陵县选取 3 个乡镇（街道），共计 9 个乡镇（街道）。在样本乡镇中，调研组根据各行政村的经济发展水平以及苹果规模户分布情况，随机选取 3~6 个行政村，共选取 50 个行政村。在每个样本行政村中，调研组对苹果种植规模排名全村前 10%（苹果种植面积在 20 亩及以上）的苹果规模户进行调查（若超过 10 户，则随机选择 10 户），调查采用面对面问卷访谈方式。问卷内容主要包括苹果规模户的家庭基本信息、数字金融服务使用情况、家庭信贷情况、苹果生产投入与产出情况。在剔除无效样本后，本文共获得 414 份有效问卷。

（二）变量选取

1.被解释变量——新技术采用程度。基于前文对苹果栽培新技术概念的界定，本文根据问项“与之前相比，去年您是否采用过以下新技术（可多选）”测度新技术采用程度。相应选项为：新品种及配套栽培技术、花果管理新技术、病虫害防治新技术、土肥水管理新技术。具体而言，调研组首先向规模户清晰地解释每项新技术的具体含义，然后将规模户采用的新技术的项数加总，以此衡量规模户新技术采用程度，该变量取值介于 0 到 4 之间。

根据样本数据，规模户采用花果管理新技术的最多，共有 113 户，占全部样本规模户的比重为 27.29%。这意味着花果管理技术选择的合理与否，对苹果产量与质量影响较大，农技推广部门应重点推广花果管理新技术。病虫害防治新技术与土肥水管理新技术并列第二，分别有 45 户规模户采用，占比均为 10.87%。尽管病虫害防治新技术与土肥水管理新技术的采用率比花果管理新技术低，但科学防治病虫害与土肥水管理在苹果生产经营中仍十分重要。新品种及配套栽培技术采用率最低，共有 38 户规模户采用，占比为 9.18%。可能的原因是：样本地区果园果树的平均树龄为 18.61 年，处于盛果期，果园还未到更新换代时期，因而规模户种植新品种的积极性较低。

从新技术采用程度看，未采用任何新技术的规模户占全部样本规模户的比重为 61.35%，采用 1 项和 2 项新技术的规模户分别占比 24.40%和 10.14%，采用 3 项、4 项新技术的规模户的总占比仅为 4.11%。这表明样本地区规模户新技术采用程度偏低。

2.核心解释变量——数字金融使用水平。本文借鉴既有文献成果（如何婧和李庆海，2019），从数字金融的支付服务（购买农业生产资料）、网银服务（农业类转账汇款）、贷款服务（农业贷款）、理财服务和保险服务五个维度评估规模户数字金融使用情况。

具体问项如下。问项 1：在苹果生产过程中，您使用过以下哪种支付方式？问项 2：在苹果生产过程中，您使用过以下哪种方式转账汇款？问项 3：您通过以下哪种渠道贷款用于苹果生产？问项 4：您通过以下哪种渠道购买理财产品？问项 5：您通过以下哪种渠道购买保险？相应的选项为：互联网金融，手机银行或网上银行，二者均无，二者均有。规模户在回答问项时，若选择了选项“二者均无”，则该问项赋值为 0；若选择了其他任意一项，则该问项赋值为 1。在此基础上，本文将五个问项得分加总，得到规模户数字金融使用水平，该变量取值介于 0 到 5 之间。

在样本户中，使用网银服务的规模户最多，其占全部样本规模户的比重为 85.01%；其次为使用支付服务的规模户，占比为 83.54%；再次是使用贷款服务的规模户，占比为 10.57%。从数字金融使用水平看，使用过 2 项数字金融服务的规模户最多，其占全部样本规模户的比重为 66.91%，使用过 3 项、4 项、5 项数字金融服务的规模户的占比总和不到 15.00%。可见，样本地区规模户的数字金融使用水平偏低。

3.控制变量。根据问卷信息并借鉴相关研究成果（如赵肖柯和周波，2012；李家辉和陆迁，2022），本文选取户主个人特征（户主年龄、户主健康情况、户主受教育年限、是否村干部），家庭特征（种植年限、农业劳动力人数、家庭总收入、技术培训情况、经营规模、地块数），生产特征（经济效益认知情况、果园树龄、栽培方式、土壤肥力情况），以及村庄特征（村庄经济水平、村庄地形、村庄到县城距离、市场行情、自然灾害频率）4 类 19 个变量作为控制变量。

4.中介变量。本文根据问项“2021 年您家是否向金融机构申请贷款”来识别规模户是否面临信贷约束。若规模户申请过贷款，但实际获得贷款金额小于申请贷款金额，或者规模户未申请贷款的原因为“手续太麻烦”“贷款成本太高”“利息太高”“贷了怕以后还不上”“担心失去抵押物”“即使申请了也得不到”中的任何一项，则农户面临信贷约束，信贷约束情况变量赋值为 1，反之农户若获得预期的贷款资金，信贷约束情况变量赋值为 0。本文采用农业经营风险来表征规模户面临的农业经营风险情况。具体而言，参考现有文献做法（如任天驰和杨沛华，2023），本文以苹果种植收入为被解释变量，个人特征（户主年龄、户主健康情况、户主受教育年限、是否村干部）、家庭特征（农业劳动力人数、经营规模、农业机械总值、合作社参与情况）为解释变量，进行 OLS 回归得到残差值的平方（进行取对数处理），以此度量农业经营风险。该数值越大，规模户面临的农业经营风险越高。本文根据问项“去年，您家是否通过农产品电商平台（包括淘宝、拼多多、朋友圈、抖音等）销售苹果”表征规模户市场参与情况，若规模户通过农产品电商平台销售苹果，则市场参与情况变量赋值为 1，否则赋值为 0。

上述各变量定义和描述性统计如表 1 所示。

表1 变量赋值及描述性统计

变量名称	赋值说明	均值	标准差
新技术采用程度	规模户采用新技术的数量(项)	0.58	0.88
数字金融使用水平	规模户数字金融使用水平	1.86	0.89
户主年龄	户主的年龄(岁)	53.66	9.16
户主健康情况	户主身体健康情况: 非常健康=5, 比较健康=4, 一般=3, 比较不健康=2, 非常不健康=1	4.11	1.07
户主受教育年限	户主受教育的年限(年)	9.06	3.25
是否村干部	户主是否是村干部: 是=1, 否=0	0.27	0.45
种植年限	规模户种植苹果的年限(年)	28.39	6.50
农业劳动力人数	规模户家庭农业劳动力总人数(人)	2.15	0.90
家庭总收入	2021年规模户家庭总收入(元), 取对数	157281.70	208831.20
技术培训情况	2021年规模户家庭参加苹果技术培训总次数(次)	1.88	3.45
经营规模	规模户的苹果种植总面积(公顷)	2.07	1.27
地块数	规模户生产经营的果园总地块数(块)	5.00	1.94
经济效益认知情况	采用新技术可以提高苹果质量: 非常同意=5, 比较同意=4, 一般=3, 比较不同意=2, 非常不同意=1	4.18	0.98
果园树龄	果园果树的平均树龄(年)	18.61	6.11
栽培方式	苹果栽培方式: 矮化栽培集约技术模式=1, 乔化栽培技术模式=0	0.04	0.20
土壤肥力情况	果园土壤肥力情况: 差=3, 中=2, 好=1	1.62	0.62
村庄经济水平	本村的经济水平在本县处于何种水平: 最好=5, 中等偏上=4, 中等=3, 中等偏下=2, 最差=1	2.60	0.75
村庄地形	台地(塬地)=3, 丘陵=2, 山地=1	1.29	0.66
村庄到县城距离	村庄到县城的距离(千米)	41.67	20.32
市场行情	2020年本村苹果平均销售价格(元/千克)	1.00	0.42
自然灾害频率	过去5年, 本村自然灾害发生频率: 经常=3, 偶尔=2, 未发生过=1	2.60	0.56
信贷约束情况	2021年您家是否向金融机构申请贷款: 获得预期的贷款金额=1, 未获得贷款或实际获得贷款金额小于申请贷款金额=0	0.56	0.50
农业经营风险情况	规模户面临的农业经营风险程度: 以苹果种植收入为被解释变量, 个人特征、家庭特征为解释变量, 进行OLS回归得到残差值的平方并取对数	1.02	2.04
市场参与情况	规模户通过农产品电商平台(包括淘宝、拼多多、朋友圈、抖音等)销售苹果: 是=1, 否=0	0.08	0.27

注: 家庭总收入、农业经营风险情况汇报的是变量原值的统计结果。

(三) 模型设定

1. 条件混合估计方法。被解释变量新技术采用程度是离散的有序变量, 因此本文采用有序 Probit 模型进行估计, 模型具体形式如下:

$$Tech_i = \gamma_0 + \gamma_1 DF_i + \gamma_2 X_i + \varepsilon_i \quad (14)$$

(14) 式中： $Tech_i$ 表示第 i 个规模户的新技术采用程度， DF_i 表示第 i 个规模户的数字金融使用水平， X_i 表示影响第 i 个规模户新技术采用的控制变量， γ_1 、 γ_2 为待估计参数， γ_0 表示截距项， ε_i 表示随机扰动项。

数字金融服务使用是一种个人决策，可能因遗漏变量、联立因果等问题而存在内生性，进而导致估计结果有偏。为缓解该问题，本文采用工具变量法得到数字金融使用水平与工具变量的诱导方程，具体如下：

$$DF_i = \beta_0 + \beta_1 Z_i + \beta_2 X_i + \mu_i \quad (15)$$

(15) 式中： DF_i 表示第 i 个规模户的数字金融使用水平， Z_i 为工具变量， X_i 表示控制变量， β_1 、 β_2 为待估计参数， β_0 表示截距项， μ_i 表示随机扰动项。

本文参考已有研究（如何婧和李庆海，2019；董晓林等，2021），按照乡镇和受访者年龄分组计算其他农户数字金融使用水平的平均值，将其作为数字金融使用水平的工具变量（以下简称“同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平”）。根据行为模仿理论，规模户使用数字金融服务在很大程度上会受到同乡镇同年龄段农户数字金融使用行为的影响，但同乡镇同年龄段规模户的数字金融使用水平的平均值一般不会直接影响规模户的新技术采用行为，因而工具变量满足相关性与外生性的要求。本文计算工具变量的具体步骤为：先将样本规模户按照户主年龄划分成 5 个子样本，即 [30, 40)、[40, 50)、[50, 60)、[60, 70) 和 [70, 80]，再选取同乡镇同年龄段的其他样本规模户的数字金融使用水平的平均值作为工具变量。

数字金融使用水平和新技术采用程度均为有序分类变量，因此本文使用 Roodman（2011）提出的条件混合估计方法（conditional mixed process，简称 CMP）进行估计。CMP 方法采用极大似然估计法，将联立方程组当作一个系统进行估计，估计更有效率。其估计过程分为两部分：第一阶段评估内生变量数字金融使用水平与工具变量的相关性。第二阶段将工具变量代入模型进行回归，并根据内生性检验参数 $atanrho_12$ 判断变量外生性。若参数显著异于 0，则模型存在内生性问题。此时，CMP 方法优于 o-Probit 模型，否则 o-Probit 模型更优。

2. 中介效应模型。本文借鉴江艇（2022）的研究，仅探讨数字金融使用水平对中介变量的影响，模型具体构建如下：

$$M_i = \beta_0 + \beta_1 DF_i + \beta_2 X_i + \sigma_i \quad (16)$$

(16) 式中， M_i 为中介变量， X_i 为控制变量， β_0 、 β_0 为截距项， γ_1 、 γ_2 、 β_1 、 β_2 为待估计参数， ε_i 、 σ_i 为随机误差项。

四、实证分析

(一) 数字金融对规模户新技术采用影响的基准估计结果

表 2 汇报了数字金融对规模户新技术采用影响的估计结果。O-Probit 模型估计结果表明, 数字金融使用水平对规模户新技术采用程度的影响在 5%统计水平上显著, 且系数为正, 研究假说 H1 得到初步印证。CMP 方法的估计结果表明, 同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平对规模户数字金融使用水平存在显著影响, 说明工具变量满足相关性要求。atanrho_12 值在 1%的统计水平上显著, 说明数字金融使用水平为内生变量。在考虑模型的内生性问题后, 数字金融使用水平对规模户新技术采用程度仍存在显著的正向影响, 且显著性水平由 5%提升至 1%。这意味着, 采用 CMP 方法所得的估计结果要优于 o-Probit 模型。为保证回归结果的稳健性, 表 2 还汇报了 2SLS 模型的估计结果。由估计结果可知, 同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平显著, 说明工具变量满足相关性要求。DWH 检验在 10%的统计水平上显著, 表明数字金融使用水平为内生变量。Cragg-Donald Wald F 统计量为 36.566, 高于 10%水平的临界值 16.38, 说明不存在弱工具变量问题。在考虑了可能的内生性问题后, 数字金融使用水平在 5%统计水平上显著正向影响规模户新技术采用程度, 说明数字金融能够促使规模户采用新技术, 有效验证了研究假说 H1。

根据 CMP 方法得到的估计结果, 户主健康情况对新技术采用程度存在显著的正向影响, 其原因是户主身体健康状况直接影响其农业生产能力, 户主健康状况越好, 越可能采用新技术以获取更高的收益, 进而促进新技术采用。户主受教育年限对新技术采用程度的影响显著, 且系数为负, 其原因是户主受教育年限越高, 越容易获得其他就业机会, 规模户对农业生产的关注度降低, 进而制约其新技术采用。种植年限与新技术采用程度显著正相关, 其原因是规模户种植苹果的年限越长, 经验越丰富, 相应的苹果种植的资产专用性越强, 转向其他作物种植的难度越大, 规模户越倾向于采用新技术。经营规模对新技术采用程度存在显著的正向影响, 其原因是经营规模的扩大有助于形成规模经济, 降低规模户采用新技术的成本, 提升其新技术采用意愿。栽培方式对新技术采用程度存在显著正向影响, 即矮化栽培集约技术模式比乔化栽培技术模式更有利于新技术采用, 其原因是矮化种植的果园基础设施较好, 管理更精细, 更有利于水肥一体化等新技术的推广应用, 进而促进规模户的新技术采用。村庄地形对新技术采用程度存在显著的正向影响, 其原因是与山地丘陵相比, 台地(塬地)地势平坦, 土地细碎化程度低, 更有利于农业新技术的推广应用。市场行情对新技术采用程度存在显著的正向影响, 其原因是规模户是理性经济人, 农产品市场行情越好, 规模户对未来的预期就越高, 越有动力采用新技术, 通过提高农产品产量和质量来获取更高的收入, 从而促进新技术采用。

表 2 数字金融对规模户新技术采用影响的基准估计结果

变量	o-Probit 模型		CMP 方法		2SLS 模型	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	0.188**	0.082	0.661***	0.171	0.384**	0.157
户主年龄	-0.007	0.008	0.007	0.009	0.004	0.007

表2 (续)

户主健康情况	0.236***	0.063	0.210***	0.064	0.131***	0.036
户主受教育年限	-0.044**	0.021	-0.056***	0.021	-0.038**	0.015
是否村干部	0.257*	0.137	0.133	0.146	0.107	0.106
种植年限	0.023**	0.011	0.030***	0.011	0.018**	0.008
农业劳动力人数	-0.023	0.078	-0.035	0.077	-0.021	0.049
家庭总收入	-0.046	0.084	-0.060	0.083	-0.025	0.058
技术培训情况	0.023**	0.011	0.008	0.014	0.019	0.012
经营规模	0.171***	0.064	0.155**	0.062	0.131***	0.037
地块数	-0.012	0.035	-0.036	0.037	-0.026	0.028
经济效益认知情况	0.099	0.072	0.089	0.066	0.055	0.048
果园树龄	-0.004	0.010	-0.005	0.010	-0.003	0.007
栽培方式	0.661**	0.270	0.654**	0.291	0.534**	0.245
土壤肥力情况	0.155	0.104	0.135	0.101	0.107	0.075
村庄经济水平	-0.114	0.087	-0.092	0.086	-0.069	0.056
村庄地形	0.197**	0.098	0.174*	0.096	0.115*	0.067
村庄到县城距离	0.001	0.003	-0.000	0.003	-0.000	0.002
市场行情	0.447***	0.160	0.403**	0.160	0.286***	0.105
自然灾害频率	0.056	0.115	0.021	0.110	0.018	0.071
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平			1.956***	0.341	1.315***	0.224
atanrho_12			-0.500***	0.191		
Cragg-Donald WaldF 统计量					36.566	
DWH 检验					3.371*	
观测值	414		414		414	

注：①***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

(二) 稳健性检验

1.工具变量外生性检验。虽然工具变量通过外生性检验，但仍难以排除数字金融通过其他途径影响规模户的新技术采用。为此，本文采用 Conley et al.(2012)提出的置信区间集合法(union of confidence intervals, 简称 UCI)和近似零方法(local to zero, 简称 LTZ)，检验工具变量在近似外生时工具变量法估计结果的稳健性。首先，在 95%的置信区间下，基于 UCI 方法得到的数字金融使用水平系数的置信区间为(0.042, 0.733)，区间不包含 0，说明上述估计结果具有稳健性。其次，LTZ 估计结果表明，在近似外生的情境下，数字金融使用水平对规模户新技术采用程度的影响在 5%的统计水平上显著，且系数为正。因此，即使考虑工具变量可能存在非严格的外生性，本文的估计结果仍然是稳健的。

2.倾向得分匹配法。前文运用 CMP 方法、2SLS 模型尽可能克服了内生性问题，但由于数据、变

量等限制，数字金融对规模户新技术采用的影响可能受到“自选择”的干扰，导致估计结果存在选择性偏误。为此，本文先根据规模户是否使用数字金融服务，将规模户划分为使用数字金融组和未使用数字金融组，然后运用倾向得分匹配法构建数字金融影响规模户新技术采用的反事实分析框架，以克服模型潜在的选择性偏误问题。运用倾向得分匹配法需要对处理组与控制组样本进行平衡性检验，具体检验结果见表3。由表3可知，匹配后，Pseudo-R²、LR chi²、偏差均值、偏差中位数均显著下降，表明控制组与处理组的系统性差异显著降低了，运用倾向得分匹配法是合适的。

表3 匹配前后解释变量的平衡性检验结果

匹配方法	Pseudo-R ²	LR chi ²	偏差均值	偏差中位数
匹配前	0.159	50.340***	23.000	17.700
k 近邻匹配 (k=4)	0.009	6.440	4.000	3.900
卡尺匹配 (卡尺=0.02)	0.009	6.420	3.600	3.100
卡尺内 k 近邻匹配 (k=4, 卡尺=0.02)	0.008	5.650	3.700	3.000
核匹配	0.008	5.620	3.000	2.100

注：***表示 1% 的显著性水平。

表4汇报了基于倾向得分匹配法的估计结果。由表4可知，四种匹配方法所得的ATT均在5%统计水平上显著，且系数为正。ATT的平均值为0.248，说明使用数字金融服务的规模户的新技术采用程度要比未使用数字金融服务的规模户高28.15%。这表明在考虑选择性偏误问题后，数字金融对规模户新技术采用仍具有显著促进作用，有效验证了上述回归结果的稳健性。

表4 倾向得分匹配法估计结果

匹配方法	处理组	控制组	ATT	标准差	t 值
k 近邻匹配 (k=4)	0.549	0.301	0.248**	0.100	2.47
卡尺匹配 (卡尺=0.02)	0.549	0.297	0.252**	0.101	2.50
卡尺内 k 近邻匹配 (k=4, 卡尺=0.02)	0.549	0.304	0.245**	0.102	2.40
核匹配	0.549	0.302	0.247**	0.098	2.51
平均值			0.248		

注：**表示 5% 的显著性水平。

3.考虑极端值的影响。为削弱极端值对估计结果的影响，本文运用 Winsor 缩尾处理法分别对家庭总收入、经营规模等连续变量进行 1% 和 5% 的缩尾处理，并重新进行回归。表5的估计结果显示，数字金融使用水平仍在 1% 的统计水平上显著，且数值大小和基准回归结果相近。可见，本文的核心结论并未发生改变。研究假说 H1 得到验证。

表5 数字金融对规模户新技术采用的影响：缩尾处理后的 CMP 方法估计结果

变量	缩尾 1%		缩尾 5%	
	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	0.673***	0.172	0.688***	0.172

表 5 (续)

同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	1.877***	0.342	1.849***	0.339
atanrho_12	-0.503***	0.191	-0.529***	0.194
控制变量	已控制		已控制	
观测值	414		414	

注：①***表示 1% 的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

(三) 作用机制分析

表 6 汇报了中介效应估计结果。由表 6 方程 1 可知，数字金融使用水平对信贷约束情况具有显著负向影响。这表明数字金融可以有效提升规模户参与信贷市场的能力。传统金融机构和互联网企业可以利用规模户在数字金融平台留下的数字足迹和数据信息对其进行更加精准地画像，有效缓解信息不对称，进而提高规模户的信贷可得性。信贷约束缓解可以充分调动规模户采用新技术的积极性，激励其采用新技术。由表 6 方程 2 可知，数字金融使用水平对农业经营风险情况存在显著负向影响。这表明通过数字金融平台购买保险产品以及借助数字支付功能及时获得家庭风险分担网络成员的资金支持，可以有效应对风险冲击，提高规模户应对风险冲击的能力，增强其采用新技术的信心，进而促进新技术采用。由表 6 方程 3 可知，数字金融使用水平对规模户市场参与情况具有显著正向影响。这表明数字金融在资金账户管理、支付结算、资金融通等方面具有优势，可以显著降低交易成本，促进规模户市场参与。农产品销售渠道拓宽，在增加规模户销售收入的同时，还能促使规模户根据市场需求及时转变生产方式，促进新技术采用。

综上所述，数字金融可以通过缓解信贷约束、降低风险冲击、促进市场参与三条途径影响规模户的新技术采用。

表 6 数字金融对规模户新技术采用影响的中介效应估计结果

变量	方程 1		方程 2		方程 3	
	信贷约束情况		农业经营风险情况		市场参与情况	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	-0.608***	0.191	-1.275***	0.493	1.217***	0.266
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	2.042***	0.329	1.947***	0.348	2.036***	0.340
atanrho_12	0.526**	0.218	0.461**	0.188	-0.645**	0.266
控制变量	已控制		已控制		已控制	
观测值	414		414		414	

注：①***、**分别表示 1%、5% 的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

(四) 数字金融影响规模户新技术采用的规模门槛效应

由前文可知，数字金融能够促进规模户新技术采用。那么，数字金融对规模户新技术采用的作用

是否受经营规模的影响，即是否存在规模门槛效应？为此，本文利用 Hansen（2000）提出的可用于截面数据的门槛回归模型进行检验。在进行门槛效应检验前，需先检验门槛是否存在。经检验，门槛变量经营规模的 bootstrap p 值为 0.358，大于 0.1，未能拒绝原假设，说明经营规模的门槛效应不存在，研究假说 H2 未得到验证。可能的解释是：本文聚焦苹果栽培新技术，但从实际情况看，样本地区规模户对苹果栽培新技术的采用程度整体偏低。与果园农机新技术、储藏保鲜新技术等资本密集程度更高的新技术相比，栽培新技术对资金的需求较小。因此，规模户的经营规模可能尚未达到能够产生明显变化的规模门槛值。

那么，数字金融对不同经营规模的规模户新技术采用究竟存在怎样的影响？本文以 33 分位点与 65 分位点为切点，将全样本按经营规模分为偏小规模组、中等规模组和较大规模组三组。在此基础上，本文探究数字金融对不同经营规模的规模户新技术采用影响的差异，回归结果如表 7 所示。由表 7 可知，数字金融对偏小规模组和中等规模组的规模户新技术采用具有显著正向影响，且从回归系数看，数字金融对中等规模组的促进作用更大。数字金融对较大规模组的规模户新技术采用的影响不显著，可能原因是：与偏小规模组和中等规模组的规模户相比，较大规模组规模户的资金需求更强烈，但面临的农业经营风险也更高，使得金融机构对较大规模组的规模户发放贷款更为审慎，这抑制了较大规模组规模户采用新技术的积极性。

表 7 数字金融对不同经营规模的规模户新技术采用影响的估计结果

变量	偏小规模组		中等规模组		较大规模组	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	0.765***	0.284	0.953***	0.217	-0.176	0.520
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	2.919***	0.743	1.749***	0.505	1.070	0.722
atanrho_12	-0.566*	0.329	-1.286***	0.308	0.265	0.490
控制变量	已控制		已控制		已控制	
观测值	163		131		120	

注：①***、*分别表示 1%、10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

（五）异质性分析

1. 家庭生命周期阶段异质性。自 Glick（1947）提出较为完备的家庭生命周期理论以来，学术界基于差异化的研究目的和数据完备情况，调整和完善了家庭生命周期阶段的划分标准。本文参考汪为和吴海涛（2017）提出的划分方法，以家庭中是否有未满 16 岁的（孙）子女和是否有 65 岁以上的老人作为家庭生命周期阶段的划分依据，对规模户进行划分。规模户家庭生命周期阶段及划分依据见表 8。

表 8 规模户家庭生命周期阶段及划分依据

家庭生命周期阶段	划分依据
抚养期	最小的（孙）子女未满 16 岁，无 65 岁以上老人
负担期	最小的（孙）子女未满 16 岁，有 65 岁以上老人

表 8 (续)

稳定期	最小的(孙)子女已满 16 岁, 无 65 岁以上老人
赡养期	最小的(孙)子女已满 16 岁, 有 65 岁以上的老人
空巢期	家中仅有 65 岁以上老人

处于家庭生命周期不同阶段的规模户在人力资本、抵御风险的能力、生产生活需求等方面存在差异, 相应的生产经营决策也有所不同(畅倩等, 2020), 进而表现为新技术采用行为的差异。首先, 处于抚养期的规模户的家庭劳动力相对年轻, 更容易接受新事物、新思想, 市场意识也较强, 因而更倾向于采用新技术以提升农业收入。但处于抚养期的规模户的家庭资本积累相对有限, 融资约束制约了其新技术采用。在此情境下, 规模户更依赖通过数字金融平台获取信贷支持, 促使其增加新技术投资。其次, 处于负担期的规模户虽然相较抚养期而言家庭资本积累有所增加, 但面临抚养和赡养义务的双重压力, 家庭有效劳动力数量相对减少, 采用新技术可能面临较大的风险。在多种因素综合作用下, 处于负担期的规模户采用新技术的可能性较低, 因而数字金融对其新技术采用的影响较小。再次, 对处于稳定期的规模户而言, 家庭中最小的(孙)子女已满 16 岁, 且无 65 岁以上老人, 家庭有效劳动力较多, 且供养负担较小。此时, 规模户将倾向于扩大经营规模, 因而采用新技术的积极性较高。数字金融的应用可以满足规模户的资金需求, 促使其采用新技术。从次, 处于赡养期的规模户已拥有了较高的资本积累, 对外部融资渠道的依赖程度较低, 因而数字金融对处于赡养期的规模户新技术采用的影响较小。最后, 对处于空巢期的规模户而言, 家中只有 65 岁以上的老人, 规模户从事农业生产的时间和精力有限, 且风险厌恶程度高, 对数字金融、农业新技术的接受程度低, 因而数字金融对处于空巢期的规模户新技术采用的影响可能很小。从理论上讲, 在家庭生命周期不同阶段, 数字金融对规模户新技术采用的影响不同。为验证该猜想, 下文将实证检验数字金融对处于家庭生命周期不同阶段的规模户新技术采用的异质性影响。

处于空巢期的规模户仅有 4 户, 不具备代表性, 因而本文仅分析其余 4 个阶段的规模户数字金融使用对其新技术采用的异质性。具体地, 本文分别构造了数字金融使用水平与抚养期、稳定期、负担期、赡养期虚拟变量的交互项, 并运用 CMP 方法进行实证检验(结果见表 9)。由表 9 可知, 数字金融对家庭生命周期不同阶段规模户的新技术采用的影响存在差异。具体而言, 数字金融对处于抚养期的规模户新技术采用存在显著的正向影响, 对处于负担期的规模户新技术采用存在显著的负向影响。其原因是: 处于负担期的规模户面临抚养和赡养义务的双重压力, 采用新技术面临较大的风险, 因而规模户更有可能利用数字金融从事收益更高的行业, 而不是采用新技术。

表 9 基于家庭生命周期阶段异质性的数字金融对规模户新技术采用影响的估计结果

变量	方程 1		方程 2		方程 3		方程 4	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	0.665***	0.164	0.761***	0.141	0.671***	0.164	0.694***	0.165
数字金融使用水平×抚养期	0.329*	0.198						
抚养期	0.125	0.129						

表9 (续)

数字金融使用水平×负担期			-0.333**	0.164				
负担期			0.169	0.127				
数字金融使用水平×稳定期					0.061	0.186		
稳定期					-0.163	0.144		
数字金融使用水平×赡养期							-0.065	0.209
赡养期							-0.341*	0.177
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	1.941***	0.343	1.913***	0.352	1.952***	0.344	1.953***	0.343
atanrho_12	-0.496***	0.186	-0.577***	0.174	-0.506***	0.185	-0.537***	0.189
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
观测值	414		414		414		414	

注：①***、**和*分别表示1%、5%和10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

2. 技术类型异质性。虽然前文证实数字金融能够提高规模户苹果栽培新技术的采用程度，但并不能反映出数字金融主要促进规模户采用哪种类型的子技术。本文分别定义新品种及配套栽培技术采用情况、花果管理新技术采用情况、土肥水管理新技术采用情况和病虫害防治新技术采用情况四个被解释变量，若规模户采用了相应的新技术，则对应变量赋值为1，否则赋值为0。表10汇报了数字金融对规模户栽培子技术采用情况影响的估计结果。从回归结果看，数字金融对规模户新品种及配套栽培技术和花果管理新技术采用情况存在显著正向影响，而对土肥水管理新技术和病虫害防治新技术采用情况的影响不显著。其原因是：在政府部门积极推广和引导性补贴作用下，规模户大多已采用土肥水管理技术和病虫害防治技术。样本数据也表明，之前已采用过病虫害防治技术、土肥水管理技术的规模户占全部规模户的比重分别为57.49%、19.81%。这暗示着，未来数字金融应加大对新品种及配套栽培技术和花果管理新技术推广的支持力度，加速农业技术扩散。

表10 基于技术类型异质性的数字金融对规模户新技术采用影响的估计结果

变量	方程1 新品种及配套栽培技术 采用情况		方程2 土肥水管理新技术 采用情况		方程3 花果管理新技术 采用情况		方程4 病虫害防治新技术 采用情况	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	0.704***	0.252	0.366	0.282	0.791***	0.220	0.323	0.331
同乡镇同年龄段数字 金融使用平均水平	1.952***	0.350	1.976***	0.348	1.856***	0.368	2.003***	0.348
atanrho_12	-0.601**	0.288	-0.331	0.251	-0.677**	0.300	-0.213	0.295
控制变量	已控制		已控制		已控制		已控制	
观测值	414		414		414		414	

注：①***、**分别表示1%、5%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

(六) 进一步分析：异质性的中介效应

受家庭资源禀赋、家庭生命周期阶段、采用各种技术的成本和风险水平等因素的影响，数字金融影响规模户新技术采用的中介效应在不同情境下可能存在差异。为此，本部分进一步探讨基于经营规模、家庭生命周期阶段和技术类型异质性的中介效应。

1. 基于经营规模异质性的中介效应。根据表 11 估计结果，数字金融使用水平和经营规模的交互项对信贷约束情况存在显著的负向影响，表明随着经营规模的扩大，规模户的资金需求更强烈，将更依赖通过数字金融平台获取资金支持，进而促进新技术采用，即经营规模的扩大强化了缓解信贷约束这一中介效应。数字金融使用水平和经营规模的交互项对农业经营风险情况的影响不显著，可能原因是经营规模越大，规模户面临的生产经营风险越大，但现阶段数字金融提供的风险保障水平有限，导致降低风险冲击的中介效应不受经营规模的影响；数字金融使用水平和经营规模的交互项对市场参与情况具有显著正向影响，表明经营规模的扩大，有助于提高规模户在农产品销售市场中的地位，进而强化促进市场参与这一中介效应。

表 11 基于经营规模异质性的数字金融对规模户新技术采用影响的中介效应估计结果

变量	信贷约束情况		农业经营风险情况		市场参与情况	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
数字金融使用水平	-0.651***	0.194	-1.267**	0.529	1.242***	0.249
数字金融使用水平×经营规模	-0.226*	0.122	-0.050	0.260	0.453**	0.188
经营规模	0.065	0.067	0.043	0.127	0.023	0.092
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	1.994***	0.330	1.904***	0.356	1.974***	0.343
atanrho_12	0.551**	0.224	0.467**	0.200	-0.661***	0.252
控制变量	已控制		已控制		已控制	
观测值	414		414		414	

注：①***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

2. 基于家庭生命周期阶段异质性的中介效应。前文中数字金融对处于稳定期和赡养期的规模户新技术采用的影响并不显著，因此本部分重点分析数字金融对处于抚养期和负担期的规模户新技术采用影响的中介效应。从表 12 的估计结果看，数字金融使用水平和抚养期的交互项对信贷约束情况存在显著的负向影响，表明数字金融提供的信贷支持能够缓解处于抚养期的规模户的信贷约束，进而促进新技术采用。数字金融使用水平和抚养期的交互项对农业经营风险情况的影响不显著，可能的原因是处于抚养期的规模户的资本积累相对有限，抵御风险的能力较弱，加之数字金融提供的风险保障水平有限，导致降低风险冲击的中介效应不显著。数字金融使用水平和抚养期的交互项对市场参与情况存在显著的正向影响，表明数字金融能够降低处于抚养期的规模户参与市场的交易成本，提高其市场参与能力，进而促进新技术采用。结合前文数字金融对处于抚养期的规模户新技术采用存在显著的正向影响的结论可知，数字金融主要通过缓解信贷约束、促进市场参与正向作用于规模户新技术采用。

数字金融使用水平和负担期的交互项对信贷约束情况存在显著正向影响，对市场参与情况存在显著的负向影响，而对农业经营风险情况的影响不显著。这意味着，数字金融使用反而加剧了处于负担期的规模户的信贷约束，抑制了其市场参与。结合前文数字金融对处于负担期的规模户新技术采用存在显著的负向影响的结论可知，数字金融主要通过加剧信贷约束、抑制市场参与负向作用于规模户新技术采用。这也再次印证了前文的猜想，即处于负担期的规模户在抚养和赡养义务的双重压力下，更有可能利用数字金融从事收益更高的行业。

表 12 基于家庭生命周期阶段异质性的数字金融对规模户新技术采用影响的中介效应估计结果

变量	信贷约束情况		农业经营风险情况		市场参与情况	
	系数	标准误	系数	标准误	系数	标准误
回归模型一：抚养期						
数字金融使用水平	-0.656***	0.181	-1.333***	0.463	1.000***	0.245
数字金融使用水平×抚养期	-0.382*	0.221	-0.484	0.342	0.604*	0.353
抚养期	0.053	0.150	0.442*	0.263	0.085	0.251
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	2.032***	0.331	1.941***	0.348	2.028***	0.345
atanrho_12	0.564***	0.211	0.482***	0.176	-0.530**	0.252
回归模型二：负担期						
数字金融使用水平	-0.658***	0.185	-1.501***	0.441	1.227***	0.251
数字金融使用水平×负担期	0.294*	0.175	0.464	0.313	-0.866***	0.308
负担期	-0.061	0.148	-0.779**	0.320	0.143	0.217
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	1.999***	0.341	1.916***	0.351	1.992***	0.355
atanrho_12	0.569***	0.219	0.541***	0.166	-0.717**	0.300
控制变量	已控制		已控制		已控制	
观测值	414		414		414	

注：①***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②标准误为稳健标准误；③控制变量同表 2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

3.基于技术类型异质性的中介效应。采用不同栽培技术的成本和风险水平存在差异，这可能导致前述作用机制也存在差异。为此，本文运用中介效应模型进一步分析基于技术类型异质性的数字金融对规模户新技术采用影响的中介效应。由表 13 可知，在数字金融影响新品种及配套栽培技术和花果管理新技术采用情况的估计方程中，缓解信贷约束、降低风险冲击、促进市场参与这三个中介效应均不显著。可能原因是：新品种及配套栽培技术、花果管理新技术在样本地区的推广程度偏低，数字金融主要通过提高支付便利性和降低交易成本对这两项子技术产生直接影响。在数字金融影响土肥水管理新技术采用情况的估计方程中，数字金融的直接影响不显著，但三个中介效应均显著。在数字金融影响病虫害防治新技术采用情况的估计方程中，数字金融的直接影响不显著，但降低风险冲击、促进市场参与两个中介效应显著。上述分析表明，数字金融影响规模户新技术采用的作用机制会因技术类型不同而存在明显差异。

表 13 基于技术类型异质性的数字金融对规模户新技术采用影响的中介效应估计结果

变量	新品种及配套栽培技术采用情况			花果管理新技术采用情况		
	方程 1	方程 2	方程 3	方程 4	方程 5	方程 6
数字金融使用水平	0.701***	0.684***	0.721***	0.776***	0.769***	0.775***
信贷约束情况	-0.028			-0.068		
农业经营风险情况		-0.021			-0.023	
市场参与情况			-0.128			0.375
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	1.950***	1.950***	1.952***	1.859***	1.859***	1.849***
atanrho_12	-0.599**	-0.580**	-0.616**	-0.658**	-0.650**	-0.679**
变量名称	土肥水管理新技术采用情况			病虫害防治新技术采用情况		
	方程 7	方程 8	方程 9	方程 10	方程 11	方程 12
数字金融使用水平	0.345	0.315	0.304	0.298	0.242	0.200
信贷约束情况	-0.319*			-0.302		
农业经营风险情况		-0.057*			-0.065**	
市场参与情况			1.217***			0.969***
同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平	1.968***	1.975***	1.946***	1.997***	1.995***	1.994***
atanrho_12	-0.314	-0.294	-0.378	-0.196	-0.149	-0.163
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值	414	414	414	414	414	414

注：①***、**和*分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平；②因篇幅限制，未汇报系数的标准误；③控制变量同表 2；④同乡镇同年龄段数字金融使用平均水平的估计结果为第一阶段的回归结果。

五、结论与启示

本文基于陕西省苹果主产区 414 户规模户的微观数据，以苹果栽培新技术为例，分析了数字金融对规模户新技术采用的影响及其作用机制，考察了数字金融影响的规模门槛效应以及基于经营规模、家庭生命周期阶段、技术类型的异质性影响和差异化作用机制。主要结论如下：第一，数字金融对规模户新技术采用具有显著促进作用。从技术类型看，数字金融对新品种及配套栽培技术和花果管理新技术具有显著正向影响，而对土肥水管理新技术和病虫害防治新技术的影响不显著。第二，机制分析表明，数字金融主要通过缓解信贷约束、降低风险冲击、促进市场参与三条路径影响规模户新技术采用。第三，数字金融对规模户新技术采用影响的规模门槛效应尚未显现，但基于不同经营规模的分组研究发现，数字金融对中等规模组的规模户新技术采用的促进作用最大。第四，数字金融对处于家庭生命周期不同阶段的规模经营农户新技术采用的影响存在差异。第五，数字金融影响规模户新技术采用的中介效应在不同经营规模、家庭生命周期不同阶段以及不同技术类型方面存在明显差异。

基于上述结论可得如下启示：首先，农技推广部门应根据规模户技术需求情况，重点推广花果管理新技术、病虫害防治新技术、土肥水管理新技术等技术，提高农技供需匹配度。同时，积极搭建农业技能学习平台，提升规模户对新技术的认知水平，促进新技术采用。其次，在加快推进农村数字金融发展过程中，应有重点地提升数字信贷、数字理财、数字保险等数字金融服务水平，强化其对规模户的资金补充与风险分散的作用。同时，积极推动数字金融与电子商务融合发展，激活农村经济活力，加速农业技术扩散。最后，重视数字金融在培育适度规模经营主体中的作用，金融资源应积极向苹果种植面积在 25~30 亩，以及家庭生命周期处于抚养期的规模户倾斜，助力其高质量发展。

参考文献

1. 畅倩、李晓平、谢先雄、赵敏娟，2020：《非农就业对农户生态生产行为的影响——基于农业生产经营特征的中介效应和家庭生命周期的调节效应》，《中国农村观察》第 1 期，第 76-93 页。
2. 陈晓华，2014：《大力培育新型农业经营主体——在中国农业经济学会年会上的致辞》，《农业经济问题》第 1 期，第 4-7 页。
3. 董晓林、吴以蛮、熊健，2021：《金融服务参与方式对农户多维相对贫困的影响》，《中国农村观察》第 6 期，第 47-64 页。
4. 郝淑英、杜俊杰、武耀存，2002：《黄土高原红富士苹果优质高产栽培技术》，《中国果树》第 6 期，第 34-35 页。
5. 何婧、李庆海，2019：《数字金融使用与农户创业行为》，《中国农村经济》第 1 期，第 112-126 页。
6. 黄益平、黄卓，2018：《中国的数字金融发展：现在与未来》，《经济学（季刊）》第 4 期，第 1489-1502 页。
7. 黄祖辉、俞宁，2010：《新型农业经营主体：现状、约束与发展思路——以浙江省为例的分析》，《中国农村经济》第 10 期，第 16-26 页、第 56 页。
8. 江艇，2022：《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》，《中国工业经济》第 5 期，第 100-120 页。
9. 李博伟、徐翔，2017：《社会网络、信息流动与农民采用新技术——格兰诺维特“弱关系假设”的再检验》，《农业技术经济》第 12 期，第 98-109 页。
10. 李家辉、陆迁，2022：《数字金融对农户采用绿色生产技术的影响》，《资源科学》第 12 期，第 2470-2486 页。
11. 李晓静、陈哲、刘斐、夏显力，2020：《参与电商会促进猕猴桃种植户绿色生产技术采纳吗？——基于倾向得分匹配的反事实估计》，《中国农村经济》第 3 期，第 118-135 页。
12. 马九杰、崔怡、董翀，2022：《信贷可得性、水权确权与农业节水技术投资——基于水权确权试点准自然实验的证据》，《中国农村经济》第 8 期，第 70-92 页。
13. 满明俊、李同昇、李树奎、李普峰，2010：《技术环境对西北传统农区农户采用新技术的影响分析——基于三种不同属性农业技术的调查研究》，《地理科学》第 1 期，第 66-74 页。
14. 钱忠好、岳佳、蔡颖萍，2023：《土地经营规模何以影响家庭农场采用现代农业技术——基于 1085 户家庭农场监测数据的分析》，《湖南农业大学学报（社会科学版）》第 2 期，第 10-18 页。
15. 任天驰、杨沛华，2023：《农业保险如何影响农户家庭储蓄率——基于五省两期调查数据》，《农业技术经济》第 5 期，第 49-63 页。

- 16.宋洪远、江帆, 2023: 《农业强国的内涵特征、重点任务和关键举措》, 《农业经济问题》第6期, 第18-29页。
- 17.汪为、吴海涛, 2017: 《家庭生命周期视角下农村劳动力非农转移的影响因素分析——基于湖北省的调查数据》, 《中国农村观察》第6期, 第57-70页。
- 18.魏昊、夏英、李芸, 2020: 《信贷需求抑制视角下农户环境友好型农业技术采纳行为分析》, 《华中农业大学学报(社会科学版)》第1期, 第56-66页、第164页。
- 19.吴雨、李晓、李洁、周利, 2021: 《数字金融发展与家庭金融资产组合有效性》, 《管理世界》第7期, 第92-104页、第7页。
- 20.赵肖柯、周波, 2012: 《种稻大户对农业新技术认知的影响因素分析——基于江西省1077户农户的调查》, 《中国农村观察》第4期, 第29-36页、第93页。
- 21.周亚虹、邱子迅、任欣怡、朱博鸿, 2023: 《数字金融的发展提高了电商助农的效率吗? ——基于电子商务进农村综合示范项目的分析》, 《数量经济技术经济研究》第7期, 第70-89页。
- 22.Conley, T. G., C. B. Hansen, and P. E. Rossi, 2012, “Plausibly Exogenous”, *Review of Economics and Statistics*, 94(1): 260-272.
- 23.Djahini-Afawoubo, D. M., M. K. Couchoro, and F. K. Atchi, 2023, “Does Mobile Money Contribute to Reducing Multidimensional Poverty?”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.187, 122194.
- 24.Glick, P. C., 1947, “The Family Cycle”, *American Sociological Review*, 12(2): 164-174.
- 25.Hansen, B. E., 2000, “Sample Splitting and Threshold Estimation”, *Econometrica*, 68(3): 575-603.
- 26.Hu, Y., B. Li, Z. Zhang, and J. Wang, 2022, “Farm Size and Agricultural Technology Progress: Evidence from China”, *Journal of Rural Studies*, Vol.93: 417-429.
- 27.Li, X., and X. Huo, 2021, “Impacts of Land Market Policies on Formal Credit Accessibility and Agricultural Net Income: Evidence from China’s Apple Growers”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.173, 121132.
- 28.Mao, H., L. Zhou, R. Ying, and D. Pan, 2021, “Time Preferences and Green Agricultural Technology Adoption: Field Evidence from Rice Farmers in China”, *Land Use Policy*, Vol.109, 105627.
- 29.Mukherjee, S., 2020, “Access to Formal Banks and New Technology Adoption: Evidence from India”, *American Journal of Agricultural Economics*, 102(5): 1532-1556.
- 30.Peng, P., and H. Mao, 2023, “The Effect of Digital Financial Inclusion on Relative Poverty Among Urban Households: A Case Study on China”, *Social Indicators Research*, 165(2): 377-407.
- 31.Roodman, D., 2011, “Fitting Fully Observed Recursive Mixed-process Models with CMP”, *The Stata Journal*, 11(2): 159-206.
- 32.Wainaina, P., S. Tongruksawattana, and M. Qaim, 2016, “Tradeoffs and Complementarities in the Adoption of Improved Seeds, Fertilizer, and Natural Resource Management Technologies in Kenya”, *Agricultural Economics*, 47(3): 351-362.
- 33.Xu, Y., Z. Peng, Z. Sun, H. Zhan, and S. Li, 2022, “Does Digital Finance Lessen Credit Rationing?—Evidence from Chinese Farmers”, *Research in International Business and Finance*, Vol.62, 101712.
- 34.Yao, B. H., A. Shanoyan, B. Schwab, and V. Amanor-Boadu, 2022, “Mobile Money, Transaction Costs, and Market Participation: Evidence from Côte d’Ivoire and Tanzania”, *Food Policy*, Vol.112, 102370.

35. Yu, L., D. Zhao, Z. Xue, and Y. Gao, 2020, "Research on the Use of Digital Finance and the Adoption of Green Control Techniques by Family Farms in China", *Technology in Society*, Vol.62, 101323.

36. Zhao, P., W. Zhang, W. Cai, and T. Liu, 2022, "The Impact of Digital Finance Use on Sustainable Agricultural Practices Adoption Among Smallholder Farmers: An Evidence from Rural China", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(26): 39281-39294.

37. Zheng, Y., T. Zhu, and W. Jia, 2022, "Does Internet Use Promote the Adoption of Agricultural Technology? Evidence from 1449 Farm Households in 14 Chinese Provinces", *Journal of Integrative Agriculture*, 21(1): 282-292.

(作者单位: ¹西北农林科技大学经济管理学院;

²西北农林科技大学西部发展研究院)

(责任编辑: 光明)

The Impact of Digital Finance on Large-Scale Farmers' New Technology Adoption

WENG Feilong HUO Xuexi

Abstract: The popularization of new agricultural technology is of great significance to improve agricultural production efficiency and promote sustainable agricultural development. Taking the new technology of apple cultivation as an example, this paper analyzes the impact of digital finance on the adoption of new technology by large-scale farmers, by using the micro-data of 414 large-scale farmers in the main apple production areas of Shanxi Province for empirical tests. The results show that digital finance plays a significant role in promoting the adoption of new technology by large-scale farmers. Viewing from the type of technology, digital finance mainly promotes the adoption of new varieties and corresponding cultivation techniques, as well as new flower and fruit management techniques. Although the scale threshold effect is not yet evident, the analysis based on different planting scales shows that the impact of digital finance on the adoption of new technology by large-scale farmers is the greatest for the medium-scale group. The impact of digital finance on the adoption of new technology by large-scale farmers in different stages of the family life cycle is different. The mechanism analysis shows that digital finance mainly affects the adoption of new technology by large-scale farmers through alleviating credit constraints, reducing risk shocks, and promoting market participation. In addition, the mediating effect varies in different planting scales, different stages of family life cycle, and different technology types.

Keywords: Digital Finance; Adoption of New Technology; Family Life Cycle; Large-Scale Farmers