

DOI: 10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2026.02.042

祝洪章, 赵丽莹, 王泳博. 数字普惠金融对粮食安全的影响机制与实证[J]. 中国农机化学报, 2026, 47(2): 311-321

Zhu Hongzhang, Zhao Liying, Wang Yongbo. Impact mechanism and empirical evidence of digital financial inclusion on food security [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2026, 47(2): 311-321

数字普惠金融对粮食安全的影响机制与实证*

祝洪章, 赵丽莹, 王泳博

(黑龙江大学, 哈尔滨市, 150080)

摘要:明晰数字普惠金融影响粮食安全的机制对于从金融角度保障“夯实粮食安全根基”战略目标具有重要意义。基于 2013—2023 年 31 个省面板数据,运用熵权—TOPSIS 构建粮食安全评价指标体系,采用双向固定效应模型、中介效应模型、门槛效应模型和异质性分析,实证检验数字普惠金融对粮食安全的影响效应。研究显示,数字普惠金融对粮食安全有显著正向影响,农业产业结构合理化和农业产业结构高级化在数字普惠金融与粮食安全之间起到中介作用,基础设施水平在数字普惠金融对粮食安全的影响中存在双门槛效应。异质性分析表明,数字普惠金融对粮食安全赋能效应在不同农业产业集聚度地区、不同区域、不同粮食产量水平的地区存在差异。据此,提出推动农业产业结构数字化升级,强化基础设施与数字金融协同发展,针对主产区设计大额数字金融产品与政策创新,构建智慧农业服务生态圈,以提升数字普惠金融对粮食安全的赋能效能。

关键词:数字普惠金融;粮食安全;农业产业结构;基础设施水平;区域异质性

中图分类号:F326.11 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553 (2026) 02-0311-11

Impact mechanism and empirical evidence of digital financial inclusion on food security

Zhu Hongzhang, Zhao Liying, Wang Yongbo

(Heilongjiang University, Harbin, 150080, China)

Abstract: Understanding the mechanisms by which digital inclusive finance influences food security is of paramount significance for safeguarding the strategic objective of “strengthening the foundation of food security” from a financial standpoint. Based on the panel data of 31 provinces from 2013 to 2023, the food security evaluation index system was constructed by using entropy weight—TOPSIS, and the impact effect of digital inclusive finance on food security was empirically tested by using the two-way fixed effect model, mediation effect model, threshold effect model, and heterogeneity analysis. The research shows that digital inclusive finance has a significant positive impact on food security, the rationalization of agricultural industrial structure and the upgrading of agricultural industrial structure play an intermediary role between digital inclusive finance and food security, and the level of infrastructure has a double threshold effect on the impact of digital inclusive finance on food security. Heterogeneity analysis shows that the food security empowerment effect of digital inclusive finance is different in different agricultural industry agglomeration areas, different regions, and different grain production levels. It is proposed to promote the digital upgrading of agricultural industrial structure, strengthen the coordinated development of infrastructure and digital finance, design large-scale digital financial products and policy innovations for major producing areas, and build a smart agricultural service ecosystem to improve the empowerment efficiency of digital inclusive finance for food security.

Keywords: digital inclusive finance; food security; agricultural industry structure; level of infrastructure; regional heterogeneity

0 引言

随着“吃得饱”向“吃得好、吃得健康”升级,粮食安

全从单纯重视数量安全转向数量、质量与可持续性安全并重,实现粮食安全需要更加适配的农村金融体系成为学界与政府共识。党的二十届三中全会对深化金

收稿日期:2025 年 5 月 19 日 修回日期:2025 年 9 月 1 日

* 基金项目:国家社科基金一般项目(24BGL081);黑龙江省社科规划智库重点项目(24ZKT029);黑龙江大学杰青基金项目(JC2021W6)

第一作者:祝洪章,女,1976 年生,哈尔滨人,博士,教授,研究方向为粮食安全、农村金融等。E-mail: zhu hongzhang@hlju.edu.cn

融体制改革进行部署和要求,强调发展数字普惠金融。国务院“千亿斤粮食产能提升行动”强调“创新金融支持政策,鼓励金融机构加大粮食生产相关信贷投放”。《中华人民共和国粮食安全保障法》第六条要求“采取财政、金融等支持政策加强粮食安全保障”。在2023年的中央金融工作会议上,“数字金融”首次作为“五篇大文章”之一被正式提出。2024年11月,七大部门联合发布的《推动数字金融高质量发展行动方案》明确提出,以数据要素和数字技术为重要推动力,不仅着眼于金融行业的转型创新,更明确勾勒出数字金融与普惠金融等并进发展的战略蓝图。更具包容性和技术优势的数字普惠金融对粮食安全产生怎样的影响?影响机制如何?未来应如何从金融角度保障“夯实粮食安全根基”战略目标?以上问题值得深入思考。

近年来,学者对数字普惠金融内涵界定、量化测度和影响效应等展开探究。学界普遍采用北京大学“数字普惠金融指数”,成为衡量数字普惠金融水平的重要指标^[1],数字普惠金融在改善居民收入不均等^[2,3]、促进共同富裕^[4,5]、缓解中小企业的融资难、推动技术创新^[6,7]以及推动产业结构优化^[8,9]等方面发挥显著影响。

当前针对数字普惠金融与粮食安全关系的专门研究成果十分缺乏,少量研究在分析乡村振兴及粮食安全韧性时,简单讨论数字普惠金融对粮食生产安全的影响。学者多支持数字普惠金融能有效赋能粮食安全。学者分析了数字普惠金融拓宽金融服务覆盖范围^[10]、降低生产融资门槛^[11]、提升金融深度^[12]和提高粮食产业金融资源渗透率^[13]的“融资约束”缓解效应,并重点从促进农业生产要素投入与优化配置^[14]、推动农业技术创新^[15]、助力农地流转与规模化经营^[16]、增强风险分散能力^[17]等方面,分析数字普惠金融赋能粮食安全的机理机制。一些研究提出“数字鸿沟”可能阻碍数字普惠金融增强农业经济韧性^[18],其被视为阻碍数字普惠金融赋能粮食安全效能的变量。有研究认为数字普惠金融融资便利性被用于非粮非农产业,可能会削弱粮食生产和供应链的稳定性^[19]。但鲜有学者从粮食安全角度出发,立足粮食安全衡量指标,反向探讨二者关系。少量相关研究,往往也基于传统粮食安全,将粮食产量安全等同于粮食安全^[20,21],这些研究虽然丰富了粮食安全与数字普惠金融二者关系研究的实证依据,但缺乏粮食安全观的考察视角。

本文的边际贡献在于:(1)立足粮食安全观和内涵,探讨数字普惠金融对粮食安全影响机制,丰富当前数字普惠金融与粮食安全的结合研究。(2)运用多种方法,深入揭示数字普惠金融影响粮食安全的条件和内在机制。(3)深入分析农业产业集聚度的区域异质

性,东、中、西部区域异质性,粮食主产区和非主产的区域异质性,提出数字普惠金融赋能粮食安全的粮食主产区“赋能悖论”,为政策治理提供理论和实证支撑。

1 理论分析与研究假设

1.1 数字普惠金融对粮食安全的影响

粮食安全是指除了要确保粮食数量安全,还必须同时保证粮食生产所需的资源安全、粮食生产安全、粮食质量安全和粮食消费安全。随着移动支付、网络借贷和大数据风控等数字普惠金融产品的兴起,数字普惠金融以其便捷、高效和低成本的特点,快速渗透到农业和粮食安全领域^[22]。首先,在粮食生产资源供给方面,数字普惠金融通过移动支付、网上借款等,使农户获取粮食生产所需土地、电力、灌溉及相关农业机械设备资金,融资成本降低,可得性提高,进而提升粮食生产资源保障^[23]。其次,在粮食生产方面,数字普惠金融能够精准匹配资金,助力农户引入更高效的农业生产技术和设备,更有效地开展粮食生产病虫害防治工作,实现粮食增产^[24]。再次,在粮食质量方面,数字普惠金融所支持的农业科技能显著提升粮食生产、仓储、运输和加工质量,更多的粮食智能监测与控制系统被应用,科学施肥和减少农药化肥使用,冷链物流技术等使农产品更加新鲜和高质量,有利于粮食供应链消费量绿色化转型^[25]。最后,在粮食消费领域当中,数字普惠金融可以给消费者带来便捷的支付途径以及购买形式,有效保障粮食消费的透明度和便捷性^[26]。总的来说,数字普惠金融对粮食资源安全、粮食生产安全、粮食质量安全和粮食消费安全产生直接影响。基于此,提出研究假设 H1:数字普惠金融能够显著提升粮食安全。

1.2 农业产业结构在数字普惠金融对粮食安全影响中的中介效应

1) 数字普惠金融、农业产业结构合理化与粮食安全。农业产业结构合理化是指农业内部各产业(种植业、畜牧业和渔业等)的构成比例均衡,生产布局相互协调,农业与加工、电商、物流等农业相关产业有效联动,农业产业链顺畅连接的整体发展状态。数字普惠金融通过推动农业产业结构合理化间接影响粮食安全。首先,数字普惠金融提高农业产业结构适配度。数字普惠金融借助大数据分析技术,深度挖掘区域资源禀赋、产业链协同等特征,对其进行精准评估。基于此数字普惠金融能够科学、合理地调节资金流向,使农业产业比例与区域土地、水、劳动力等资源禀赋适配,使产前的农资供应、产后的加工、储存、运输和销售等环节顺畅连接,既可以避免资源错配导致的产能浪费,又可以通过产业占比优化保障粮食核心产能,提升农业生产“基础效

率”,从供给源头保障粮食安全^[27]。其次,数字普惠金融助力农业产业融合。数字普惠金融通过赋能农业产业链各环节来促进农业产销一体化。数字普惠金融支持农业合作社和家庭农场发展,为中小型加工厂提供数字化设备贷款,支持其购置智能分选、包装、精深加工设备,为从事农产品电商的创业者提供“电商贷”“订单贷”等金融产品服务,促进农产品加工、仓储物流等上下游产业协同,粮食产后损耗减少,粮食供应链效率提高,粮食流转的安全水平提升^[28]。数字普惠金融通过推动农业产业结构合理化,在多个层面上对粮食安全产生积极影响。基于此,提出研究假设 H2:农业产业结构合理化在数字普惠金融与粮食安全关系中具有中介作用。

2) 数字普惠金融、农业产业结构高级化与粮食安全。农业产业高级化是指农业产业从“低技术含量、低附加值和低效率”的传统形态,向“高技术集成、高价值延伸和高效能运转”的现代形态动态升级的历程。与合理化强调比例适配、协调发展不同,农业产业结构高级化通过科技、模式和理念的创新,使产业形态和价值层次发生了质的飞跃,实现能级提升。农业产业高级化不仅体现为农业生产技术迭代,更体现为产业链的高端化和新型农业功能及业态的涌现。农业数字化转型、产业链延伸拓展是农业产业结构高级化的典型表现。数字普惠金融借助农业产业结构高级化从粮食质量和价值链延伸方面间接影响粮食安全^[29]。首先,数字普惠金融助力农业技术数字化转型。数字普惠金融通过专项贷款,为物联网监测、精准灌溉这类智慧农业项目提供资金支持,有力促使智能农业技术得以落地应用,粮食生产供应能力增强。其次,数字普惠金融支持粮食产业链延伸拓展和价值提升。数字普惠金融通过数字众筹等创新模式,为粮食深加工领域提供支持,有机食品加工、生物质能源开发等产业获得更大发展,单位粮食经济价值得以提升^[30, 31]。数字普惠金融通过助力农业产业结构高级化,在提升粮食质量和价值链延伸方面发挥重要作用。基于此,提出研究假设 H3:农业产业结构高级化在数字普惠金融与粮食安全关系中具有中介作用。

1.3 基础设施水平在数字普惠金融对粮食安全影响中的门槛效应

基础设施水平是用于衡量一个地区在基础设施建设方面的完备程度、服务能力以及发展状况的综合性指标。它涵盖了信息通信技术、物流与交通、能源多个关键领域的建设和发展情况^[32]。当基础设施处于低水平时,信息通信技术基础设施覆盖不足,农民无法使用移动支付、在线信贷平台,数字金融工具“失能”。物流与交通基础设施薄弱使得农产品运输损耗高,数字金融支

持的供应链难以形成闭环。能源基础设施关键指标水平低下则造成农业机械、冷链设备因断电无法运转,数字金融支持的农机租赁模式难以推广,农业电力成本较高,供应稳定性也较差。随着基础设施水平提升并跨越某一临界值,数字普惠金融的技术优势得以释放^[33]。信息通信技术基础设施发展成熟,电商平台、农业大数据应用成为可能,种植决策优化和农产品销售资源效率得以明显大幅提升。物流与交通基础设施的完善促使数字金融与物流网络深度结合,区块链溯源、供应链金融等金融基础设施被广泛应用后,流通环节缩短,冷链物流将使农产品损耗大幅下降^[34]。能源基础设施的改善让供电能够支撑智慧农业设备广泛使用,数字金融通过“按需付费”模式降低电力等能源使用成本,成本降低的同时供应稳定性也将大幅提升。当基础设施达到高水平后,继续投入可能引发边际效益递减,甚至出现过度建设超出实际需求的硬件设施等资源错配问题^[35],此时数字普惠金融的赋能效应可能趋于稳定或小幅回落。因此,提出研究假设 H4:基础设施水平在数字普惠金融对粮食安全的影响中存在双门槛效应。

2 研究设计

2.1 模型设定

2.1.1 双向固定效应模型

构建双向固定效应模型为

$$FS_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 DF_{i,t} + \beta_2 Z_{i,t} + \tau_i + \gamma_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: $FS_{i,t}$ ——粮食安全指数;

$DF_{i,t}$ ——数字普惠金融指数;

$Z_{i,t}$ ——控制变量;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ——待估系数;

τ_i ——个体固定效应;

γ_t ——时间固定效应;

$\epsilon_{i,t}$ ——残差项。

2.1.2 中介效应模型

构建中介效应模型如式(2)~式(5)所示。其中, $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \theta_0, \theta_1, \theta_2, \mu_0, \mu_1, \mu_2, \mu_3$ 均为待估系数。

$$TL_{i,t} = \varphi_0 + \varphi_1 DF_{i,t} + \varphi_2 Z_{i,t} + \tau_i + \gamma_t + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$FS_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{i,t} + \alpha_2 TL_{i,t} + \alpha_3 Z_{i,t} + \tau_i + \gamma_t + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$TS_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 DF_{i,t} + \theta_2 Z_{i,t} + \tau_i + \gamma_t + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$FS_{i,t} = \mu_0 + \mu_1 DF_{i,t} + \mu_2 TS_{i,t} + \mu_3 Z_{i,t} + \tau_i + \gamma_t + \epsilon_{i,t} \quad (5)$$

式中: $TL_{i,t}$ ——农业产业结构合理化;

$TS_{i,t}$ ——农业产业结构高级化。

2.1.3 门槛效应模型

构建门槛效应模型为

$$FS_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{i,t} (Infrastructure < \omega_1) + \alpha_2 DF_{i,t} (\omega_1 \leq Infrastructure < \omega_2) + \alpha_3 DF_{i,t} (Infrastructure \geq \omega_2) + \alpha_4 Z_{i,t} + \tau_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

式中：*Infrastructure*——基础设施；

α_4 ——待估系数；

ω ——具体门槛值。

2.2 变量选择

1) 被解释变量。以粮食安全指数(*FS*)作为被解释变量,根据前文理论分析并参考李建强^[36]、徐明^[37]、张小允^[38]等相关文献,运用熵权—TOPSIS方法,建立一套粮食安全评估指标体系,涵盖资源安全、生产安全、质量安全和消费安全等方面指标,旨在综合考量各类因素(表1),以此作为被解释变量准确反映粮食安全的状况。

表1 粮食安全评价指标体系

Tab. 1 Food security evaluation index system

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
粮食安全	资源安全	农业生产用水	+
		农业生产用电	+
		耕地总面积	+
	生产安全	粮食总产量	+
		农作物受灾面积	-
	质量安全	有效灌溉面积	+
		农药施用量	-
	消费安全	化肥施用量	-
		农用塑料薄膜施用量	-
		人口自然增长率	-
		居民粮食消费价格指数	-

2) 解释变量。以数字普惠金融(*DF*)作为解释变量,以北京大学数字普惠金融指数衡量(该指数是由北京大学数字金融研究中心联合蚂蚁金服集团编制)。它整合了数字技术在金融服务中的多方面表现,如移动支付普及度、网络信贷可得性等,能全面反映数字普惠金融在覆盖广度、使用深度和数字化程度等方面的发展水平。为确保实证准确性,将其缩小为原值的1%。

3) 控制变量。选取教育水平(*Edu*)、农业技术创新水平(*Pat*)、农业劳动力转移率(*Labor*)、涉农支出(*Fis*)为控制变量。教育水平以高等教育人数比例衡量;农业技术创新水平通过计算农村人均农业科技专利授权数量来体现;农业劳动力转移率通过第二产业从业人数占第一、第二产业从业人数和的比重来度量^[39]。

4) 中介变量。根据前文的理论分析和研究假设,在数字普惠金融对粮食安全的影响作用机制中,农业

产业结构合理化和农业产业结构高级化存在着中介作用。参考申云^[40]、曹菲^[41]等研究,农业产业结构合理化计算如式(7)所示。

$$TL = \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{Y} \ln \left(\frac{Y_i/L_i}{Y/L} \right) \quad (7)$$

农业产业结构高级化计算如式(8)所示。

$$TS = \frac{M}{Y} \quad (8)$$

式中：*M*——农林牧渔服务业产值；

Y——农林牧渔总产值；

L——就业人数；

i——农、林、牧、渔业各产业；

n——产业数；

Y_i/L_i ——生产率,受农业特性所限,难以获取农、林、牧、渔业各产业的就业人数,选用农、林、牧、渔业产业增加值与中间消耗的比值表示生产率^[42]。

5) 门槛变量。以基础设施作为门槛变量,从信息技术、物流与交通、能源3个方面构建基础设施水平评价指标体系,采用熵权—TOPSIS方法进行计算,具体所含指标如表2所示。

表2 基础设施评价指标体系

Tab. 2 Infrastructure evaluation index system

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
基础设施	信息技术基础设施	人均互联网接入端口	+
		每方千米移动电话基站	+
		每方千米光缆线路长度	+
	物流与交通基础设施	人均公共电车运营长度	+
		人均铁路运营里程	+
		人均高速公路里程	+
能源基础设施	农村在建电站规模	+	
	水库数	+	

3 实证分析

3.1 描述性统计分析

数据来自《北京大学数字普惠金融指数》以及Wind数据库,采用2013—2023年省面板数据,其中部分年份数据缺失值采用线性插值法。如表3所示,粮食安全指数最小值为0.027,最大值达到0.154,均值为0.106,标准差是0.031。粮食安全指数最大值与最小值相差较大,且高于均值,数据呈现右偏分布,意味着最高省份拉高了均值,反映出各省之间粮食安全水平存在差异。数字普惠金融指数也呈现出分布不均态势,其数值范围为1.151~4.738,平均值达2.88,标准差为0.841,揭示了各省在数字普惠金融服务的普及

与深化方面存在差距。农业劳动力转移率分布相对均匀,教育水平、农业技术创新水平、涉农支出、农业产业结构合理化、农业产业结构高级化以及基础设施水平存在显著差异。

表 3 各变量描述性统计分析

Tab. 3 Descriptive statistical analysis of each variable

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
FS	341	0.106	0.031	0.027	0.154
DF	341	2.880	0.841	1.151	4.738
Edu	341	2.723	0.926	0.741	4.665
Pat	341	2.753	0.898	1.073	5.107
Labor	341	3.631	0.668	2.179	4.769
Fis	341	0.162	0.079	0.0240	0.505
TL	341	0.813	1.254	0.001	8.722
TS	341	0.487	0.194	0.225	0.877
Infrastructure	341	0.264	0.438	0.009	2.757

3.2 回归结果分析

使用双向固定效应回归模型(表 4),无论是否考虑控制变量,影响相关系数均在 1% 水平上显著为正,证实数字普惠金融对粮食安全具有显著促进作用,为假设 H1 提供实证支持。研究结果与现有文献[43, 44]基本一致,进一步验证这一观点,丰富了相关实证依据。

表 4 基准回归结果

Tab. 4 Baseline regression results

变量	(1)FS	(2)FS
DF	0.034*** (5.894)	0.020*** (3.574)
Edu		0.046* (1.929)
Pat		0.006*** (8.621)
Labor		-0.065*** (-5.551)
Fis		0.004*** (2.650)
_cons	0.234*** (14.732)	0.096*** (10.555)
控制地区	是	是
控制时间	是	是
N	341	341
R-squared	0.126	0.396
r2_a	0.006	0.304

注:括号内为 t 统计值,*p<0.1,**p<0.05,***p<0.01。下同。

由表 4 列(2)可知,控制变量教育水平对粮食安全具有正向作用,高教育水平的农业从业人员、管理人员可以更加有效地掌握现代农业科技知识,合理地规划种植结构、优化生产流程,进而有利于提高粮食单产和品质,对粮食安全产生积极影响。农业技术创新水平与粮食安全呈正相关关系。农业技术创新如高产优质的农作物新品种选育、节水灌溉技术和化肥农药减量增效技术等,都可有效突破土地、水资源等有限的资源制约,为粮食安全奠定坚实基础。农业劳动力转移率对粮食安全存在负向效应,大量农业劳动力向非农产业转移会使得大量青壮年劳动力离开农村,剩下老弱妇女劳动力,

存在“劳动力老龄化、技能单一化”问题。在生产过程中劳动力的人力投入严重不足,导致播种、田间管理和收割等工作时劳动力匮乏,耕地撂荒及作物粗放管理等问题产生,影响了粮食播种面积、单产等,并减弱了粮食生产能力,对粮食安全产生负向冲击。涉农支出所包含的补贴类支出,比如种粮补贴、农机购置补贴和农业技术培训补贴等,能够直接增加农户种粮的经济收益预期,缓解种粮收益偏低造成的“弃耕”问题,保持粮食的种植面积稳定;涉农支出还通过农业技术推广体系等将先进的科学技术推向田间地头,由基层农技推广站提供免费的农业技术培训,从而把先进技术精准传递给农户,解决农业生产过程中的问题,提升粮食生产的科技含量,从“增产”和“提质”两方面促进粮食安全提升。

为保证回归分析结果的准确性和可靠性,对每个变量进行共线性测试,如表 5 所示,各变量的 VIF 值均小于 10,不存在多重共线性,保证了回归结果的有效性。

表 5 多重共线性检验

Tab. 5 Multicollinearity test

变量	VIF	1/VIF
Edu	2.700	0.370
Labor	2.500	0.400
Pat	2	0.499
Fis	1.880	0.532
DF	1.730	0.579

3.3 稳健性检验

1) 扩展回归周期。为进一步验证研究结论的稳健性,将数字普惠金融在时间窗口上对粮食安全水平影响的回归结果进行拓展分析,如表 6 所示。

表 6 扩展回归周期

Tab. 6 Extended regression period

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	FS	FS	FS	F.FS	F2.FS	F3.FS
L.DF	0.032*** (5.523)					
L2.DF		0.040*** (6.491)				
L3.DF			0.032*** (4.779)			
DF				0.037*** (5.909)	0.043*** (6.744)	0.038*** (4.844)
_cons	0.082*** (8.555)	0.073*** (6.956)	0.084*** (7.125)	0.080*** (8.100)	0.076*** (7.289)	0.076*** (5.871)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
控制地区	是	是	是	是	是	是
控制时间	是	是	是	是	是	是
N	310	279	248	310	279	248
R-squared	0.447	0.487	0.456	0.380	0.454	0.317
r2_a	0.356	0.394	0.345	0.277	0.354	0.177

在表6列(1)~列(3)中,分别将数字普惠金融指数进行1~3阶滞后处理,在列(4)~列(6)中分别将粮食安全指数进行前置1~3期处理。结果显示,数字普惠金融均在1%显著水平上为正,表明数字普惠金融在较长周期内,能够对粮食安全水平起促进作用,假设H1得到支持。

2) 替换解释变量。为再次验证结论稳健性,参考赵向豪等^[45]相关文献,基于覆盖范围、使用深度以及数字支持程度3个子维度,运用熵值法对数字普惠金融评价价值进行计算。在数字普惠金融指数的构建中,采用新计算得出的数字普惠金融评估值(*DF2*)和3个子维度对原有指数进行替换。表7列(1)~列(4)所展示的回归模型中,数字普惠金融估计系数以1%显著水平呈现正向,表明数字普惠金融发展显著促进粮食安全,与前文一致,再次证明实证结果可靠性。

表7 替换数字普惠金融
Tab. 7 Replaces digital inclusive finance

变量	(1)FS	(2)FS	(3)FS	(4)FS
<i>DF2</i>	0.066*** (3.665)			
<i>Bread</i>		0.007*** (10.870)		
<i>Depth</i>			0.011*** (3.400)	
<i>Digit</i>				0.006*** (2.912)
<i>_cons</i>	0.108*** (15.742)	0.114*** (13.263)	0.104*** (13.677)	0.108*** (14.793)
控制变量	控制	控制	控制	控制
控制地区	是	是	是	是
控制时间	是	是	是	是
<i>N</i>	341	341	341	341
<i>R-squared</i>	0.397	0.372	0.393	0.387
<i>r2_a</i>	0.305	0.276	0.301	0.294

3.4 中介效应

为探究数字普惠金融对粮食安全提升的中介作用,运用回归分析方法对构建的中介模型进行考察。分析表8列(2)和列(4)可知,数字普惠金融系数在1%显著水平上为正,表明数字普惠金融对农业产业结构合理化以及高级化具有显著正面影响。在表8列(3)和列(5)中,*DF*、*TL*和*TS*的系数皆显著为正,且*DF*的系数相比于基准模型有所减小,这证实了数字普惠金融通过促进农业产业结构合理化、农业产业结构高级化赋能粮食安全,支持假设H2和假设H3。现有文献虽有涉及数字普惠金融推动农业产业结构优化,但较少聚焦其与粮食安全关系中的中介作用。本研究补充了这一研究视角,深化对数字普惠金融影响粮食安全内在机制的理解。综合农业产业结构合理化和高级

化的中介效应可见,数字普惠金融以“双轮驱动”的模式,构建起对粮食安全的多维赋能体系。

表8 中介效应检验结果
Tab. 8 Mediation effect test results

变量	(1)FS	(2)TL	(3)FS	(4)TS	(5)FS
<i>DF</i>	0.020*** (3.574)	6.974*** (5.733)	0.012*** (3.708)	0.043*** (4.774)	0.011*** (3.305)
<i>TL</i>			0.0004** (2.530)		
<i>TS</i>					0.045* (1.873)
<i>_cons</i>	0.096*** (10.555)	-4.932** (-2.535)	0.104*** (13.594)	-0.027* (-1.885)	0.104*** (13.579)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
控制地区	是	是	是	是	是
控制时间	是	是	是	是	是
<i>N</i>	341	341	341	341	341
<i>R-squared</i>	0.396	0.256	0.398	0.593	0.396
<i>r2_a</i>	0.304	0.143	0.304	0.531	0.302

3.5 门槛效应

为进一步分析基础设施在数字普惠金融与粮食安全之间的门槛效应,采用Bootstrap自抽样法进行研究。该方法通过对样本进行300次反复抽样,具体抽样结果如表9所示。分析发现,基础设施通过了双重门槛检验。

表9 门槛效应自抽样检验
Tab. 9 Threshold effect self-sampling test

门槛类型	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	<i>BS</i> 次数	临界值		
				10%	5%	1%
单一门槛	134.580		300	36.3089	46.994	78.565
双重门槛	38.120	0.04	300	26.929	32.7589	69.2807
三重门槛	14.010	0.45	300	59.9773	81.8836	134.3031

门槛效应回归结果如表10所示。以门槛值将基础设施水平划分为低水平($Infrastructure < 0.0147$)、中水平($0.0147 \leq Infrastructure < 0.0532$)和高水平($Infrastructure \geq 0.0532$)。基础设施低水平赋能贡献度估计值为0.001,此阶段数字普惠金融对粮食安全具有正向促进作用,但系数相对中水平更小,这可能是由于基础设施不足,限制了金融资源向粮食领域高效传导,比如金融服务触达粮食产业链环节有限。基础设施中水平赋能贡献度估计值为0.110,数值最大,表明基础设施处于这一区间时,对数字普惠金融赋能粮食安全的支撑作用凸显,完善的交通、通信等设施,助力金融服务更精准、高效覆盖粮食生产、流通等环节,强化金融对粮食安全的积极影响。基础设施高水平赋能贡献度估计值为0.006,相较于中水平有所回落,可见基础设施建设投入与对数字普

惠金融赋能粮食安全的促进作用,并非线性持续增长,证实了假设 H4。在基础设施建设初期,从匮乏到逐步完善的过程中,有力破除数字普惠金融服务粮食产业的传导阻碍。如网络覆盖让金融服务触达乡村,物流完善助力粮食产业链金融业务开展。但当基础设施达到较高水平后,继续投入带来的额外增益逐步减少,对数字普惠金融助力粮食安全的促进作用自然变弱。

表 10 门槛效应回归结果

Tab. 10 Regression results of threshold effect

变量	(1)FS
$Infrastructure < 0.0147$	0.001*** (5.061)
$0.0147 \leq Infrastructure < 0.0532$	0.110*** (8.023)
$Infrastructure \geq 0.0532$	0.006*** (4.214)
_cons	0.015*** (3.742)
控制变量	控制
控制地区	是
控制时间	是
N	341
Number of id	31
R-squared	0.474

3.6 区域异质性分析

3.6.1 农业产业集聚度区域异质性分析

对不同农业产业集聚度地区进行异质性分析,农业产业集聚程度衡量标准为:计算区域内全年农林牧渔业总产值(以亿元计)占全国同期同类产业总产值百分比,该值乘以 100 以获取标准化比率。如表 11 所示,低密度地区(列(1))数字普惠金融效应值与显著性小于高度集中地区(列(2)),表明无论农业产业集聚度高低,数字普惠金融都能显著提高粮食安全水平,赋能效应在农业产业集聚度较低地区更强。现有文献较少深入分析此类异质性,本研究丰富了对数字普惠金融赋能粮食安全区域差异的认识,为制定差异化政策提供理论和实证支持。

表 11 产业集聚度区域异质性分析

Tab. 11 Analysis of regional heterogeneity of industrial agglomeration

变量	农业产业集聚度	
	(1)FS	(2)FS
DF	0.016* (1.754)	0.026*** (2.685)
_cons	0.100*** (7.852)	0.092*** (6.268)
控制变量	控制	控制
控制地区	是	是
控制时间	是	是
N	163	178
R-squared	0.586	0.409
r2_a	0.468	0.248

集聚度较低地区赋能效应更强的原因可能是这类地区存在资源配置低效、服务覆盖不足与技术扩散滞后的多重约束,数字普惠金融凭借自身技术优势与服务特性,能够针对性对其破解,形成显著的赋能效应。

1) 集聚度较低地区农业规模化程度不足,传统金融与数字基建覆盖均相对滞后,存在生产要素配置低效问题。数字普惠金融的介入可突破物理网点限制,数字基建边际收益递增,改善空间更大。相较之下,高集聚地区已形成一定规模效应,传统金融服务相对完善,数字普惠金融的增量价值可能因传统渠道竞争而边际递减。

2) 集聚度较低地区多为分散农业,信贷覆盖率不足,粮食流通损耗高,数字普惠金融资源错配矫正机制更显著,能有效填补分散化生产的效率缺口,精准匹配碎片化供需,降低长尾农户的融资门槛。

3) 集聚度较低地区存在农技推广人员密度偏低,技术采纳滞后,智慧农业设备投入不足,农户无力承担设备问题,数字普惠金融助力农业技术数字化服务普及与深化,实现技术扩散加速。

3.6.2 东、中、西部区域异质性分析

将全国划分为东、中、西部地区(东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、吉林、黑龙江部、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆)。如表 12 所示,东部数字普惠金融系数为 0.016,在统计学上呈现出 1% 显著水平正效应;中部数字普惠金融系数为 0.041,其积极影响在 1% 水平上显著;西部系数为 0.014,在 10% 的水平上显示出显著性。因此,数字普惠金融赋能各地区粮食安全,且在中部效应尤为突出。中部粮食安全赋能效应更强,源于其农业产业结构适配性、数字普惠金融基础设施与政策协同效应,具体来说:(1)从农业产业结构适配性来说,东部经济高度工业化、农业占比低且比较集约化,数字普惠金融的边际效益因传统农业规模有限而递减。西部农业分散,山地和干旱地区偏多,规模化生产难,数字普惠金融也难以形成规模效应。中部农业规模化基础较好,产业集聚度适中,亟须金融支持推动机械化、集约化转型,数字普惠金融能更好填补传统金融空白;(2)从数字普惠金融基础设施看,东部数字基建完善但农业需求有限,容易导致数字金融资源向非农产业错配资源错配。西部基建滞后,数字金融工具落地比较困难。中部地区金融覆盖率虽低于东部,但农业生产主体的金融需求旺盛,且数字基建具备一定基础,数字普惠金融在该区域的服务覆盖缺口更大,提升空间更

为显著;(3)从政策重视程度来看,中部作为我国重要粮食生产区,粮食生产规模大,国家对中部传统农业转型给予较大政策帮扶,地方政府和金融机构也更加重视,进一步强化数字普惠金融对粮食安全的赋能效果。

表 12 东、中、西地区异质性分析

Tab. 12 Analysis of heterogeneity in eastern, central and western regions

变量	东部	中部	西部
	(1)FS	(2)FS	(3)FS
DF	0.016*** (3.175)	0.041*** (3.861)	0.014* (1.900)
_cons	0.094*** (14.471)	0.099*** (5.150)	0.128*** (10.900)
控制变量	控制	控制	控制
控制地区	是	是	是
控制时间	是	是	是
N	143	66	132
R-squared	0.572	0.920	0.676
r2_a	0.471	0.884	0.596

3.6.3 粮食主产区与非主产区区域异质性分析

鉴于我国各省在粮食产量和粮食安全水平上存在较大的地区差异,样本将划分为粮食主产区和非粮食主产区单独回归。如表 13 所示,粮食主产区数字普惠金融赋能系数估计值为 0.023,且在统计上呈现出 5% 水平显著性;而在非粮食主产区,系数估计值增至 0.036,显著性提高到 1% 水平。这表明两类区域数字普惠金融均赋能粮食安全。非粮食主产区系数值与其显著性大于粮食主产区,可见非粮食主产区赋能效应更为突出。

表 13 粮食主产区与非主产区区域异质性分析

Tab. 13 Analysis of heterogeneity between major grain producing areas and non-major producing areas

变量	粮食主产区	非粮食主产区
	(1)FS	(2)FS
DF	0.023** (2.275)	0.036*** (5.099)
_cons	0.134*** (11.092)	0.077*** (5.190)
控制变量	控制	控制
控制地区	是	是
控制时间	是	是
N	143	198
R-squared	0.538	0.472
r2_a	0.430	0.370

理论上,主产区有更多农业活动和更高粮食产量,应该有更多需求和机会让数字金融发挥作用。普惠金融赋能效应反而比非主产区弱,这有悖于理论预期结论。究其原因,可能是主产区规模化生产需要大额融资但数字产品缺位,同时,政策补贴抑制数字金融创新动力及数字金融产品错配,具体来说:(1)传统金融服务饱和与路径依赖。主产区因农业产值高,传统金融

机构布局比较密集,农户依赖传统渠道融资。数字普惠金融作为补充手段,其增量价值在传统服务覆盖完善的地区难以凸显,导致农户使用意愿不足,数字普惠金融赋能边际效应低;(2)规模化农业与数字金融产品错配。主产区以大规模农场、合作社为主,单一粮食作物连片种植面积大,受极端气候影响,数字保险产品系统性风险覆盖面小,数字金融的“无抵押”优势被削弱。粮食主销区常位于经济发展地区,以精细小农为主,更加依赖小额信贷、即时支付等,这些地区数字普惠金融发展较为成熟,更能发挥出最大化效用;(3)政策补贴的“挤出效应”。主产区享受高额农业直补、最低收购价等政策,政策补贴对数字普惠金融形成替代。尽管主产区粮食农业机械化率较高,但大数据、物联网等深度智慧农业技术应用不足,智慧农业渗透率低,导致数字金融缺乏大规模资金落地的应用场景。主产区享受高额农业直补、最低收购价等政策,政策补贴对数字普惠金融产生“挤出效应”。主产区的粮食农业机械化率虽然相对较高,但大数据、物联网等深度智慧农业技术应用还不足,智慧农业渗透率低,数字金融缺乏大规模资金落地。

4 结论与政策建议

4.1 结论

选取 2013—2023 年我国省级面板数据,通过实证分析得出:(1)数字普惠金融对粮食安全有显著正向影响。(2)数字普惠金融通过促进农业产业结构合理化和高级化来提升粮食安全水平。(3)基础设施水平具有显著双门槛效应,基础设施低水平时数字普惠金融对粮食安全的促进作用小,中水平时支撑作用凸显、促进作用显著增强,高水平时额外增益减少、促进作用回落。(4)数字普惠金融对粮食安全的促进效应在不同农业产业集聚度地区、不同区域、不同粮食产量水平的地区存在差异,在农业产业集聚度较低地区、中部地区、粮食非主产区数字普惠金融对粮食安全的赋能效应更强。

4.2 政策建议

1) 推动农业产业结构优化升级,实现农业产业结构合理化与高级化。一方面,积极构建数字化农业产业链协同平台,整合上下游企业信息,打破信息壁垒;借助数字普惠金融提供供应链金融服务,确保产业链资金流畅通无阻,促进产业间紧密协作,推动农业产业结构合理化发展。另一方面,出台相关政策并设立专项基金,大力鼓励农业企业进行数字化转型;运用人工智能技术开展智能灌溉、精准施肥等作业,以此提高生产效率,提升农产品附加值,推动产业结构向高级化迈进,实现农业产业的整体升级与高质量发展。

2) 统筹规划基础设施建设与数字普惠金融发展,实施数字普惠金融分层策略。制定专项规划并加大投入,明确网络通信、物流等关键领域的建设目标与时间表,重点解决网络覆盖不足、物流配送慢等问题,从根本上改善数字普惠金融发展的基础条件,为其拓展发展空间,充分释放数字普惠金融在粮食安全领域的效能。优先投资“数字鸿沟”地区基础设施,精准识别基础设施门槛值,通过“基建先行+金融创新”组合拳,突破低水平均衡陷阱。对贫困农村主导建设网络、电力、道路等硬设施和基础金融服务;对发达地区重点推广创新工具,并利用卫星遥感、大数据实时评估,动态调整投入重点。在农业低集聚度地区优先布局“数字金融+轻资产服务”生态,加大云端合作社、AI农技助手等投入建设力度,以实现粮食安全提升的“弯道超车”;防止东部“去农业化”导致的数字普惠金融过度非农错配;中部地区作为国家粮食生产核心区,需持续强化数字普惠金融体系建设,为保障国家粮食安全注入强劲动力。

3) 针对“赋能悖论”加强主产区大额数字金融产品和政策创新。建议针对主产区设计规模化土地经营权质押贷款,提升单笔贷款额度。链接主产区粮食加工企业,深化粮食主产区供应链金融创新。将数字工具纳入粮食补贴发放体系,建立政策工具与数字金融协同机制,将农业直补、农机购置补贴通过数字钱包发放,实施数字化补贴发放,并按照数字信贷使用情况给予一定比例额外补贴。将数字工具纳入粮食生产考核体系,建立“数字种粮”考核指标,将数字金融使用率纳入粮食安全省长责任制考核,以地方政府政绩激励引导数字普惠金融使用。

4) 建立数字农服生态圈,刺激主产区大额数字金融需求和采纳意愿。农业政府牵头搭建智慧农业服务平台,聚合无人机植保、智能灌溉等服务商,农户通过数字金融“先用后付”。引入社会资本参与,设立粮食主产区数字农业产业基金,通过PPP模式投资智慧农田项目,配套数字信贷优惠政策。对主产区家庭农场主、合作社带头人开展“数字工具+农业管理”复合培训,提升技术采纳率。

参 考 文 献

[1] 郭峰,王靖一,王芳,等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401-1418.
Guo Feng, Wang Jingyi, Wang Fang, et al. Measuring China's digital financial inclusion: Index compilation and spatial characteristic [J]. China Economic Quarterly, 2020, 19(4): 1401-1418.

[2] 龚沁宜,成学真. 数字普惠金融、农村贫困与经济增长[J]. 甘肃社会科学, 2018(6): 139-145.
[3] 黄倩,李政,熊德平. 数字普惠金融的减贫效应及其传导机制[J]. 改革, 2019(11): 90-101.
[4] 葛和平,吴倩. 数字普惠金融对民营经济高质量发展的影响研究[J]. 经济问题, 2022(11): 27-35.
Ge Heping, Wu Qian. The impact of digital inclusive finance on the high-quality development of the private economy [J]. On Economic Problems, 2022 (11): 27-35.
[5] 刘翔宇,李季刚. 数字普惠金融助力共同富裕的机制研究[J]. 区域金融研究, 2023(12): 27-37.
[6] 郎香香,张朦朦,王佳宁. 数字普惠金融、融资约束与中小企业创新——基于新三板企业数据的研究[J]. 南方金融, 2021(11): 13-25.
[7] 王刚,陈迪. 数字普惠金融与中小企业技术创新[J]. 统计与决策, 2023, 39(19): 177-182.
[8] 杜金岷,韦施威,吴文洋. 数字普惠金融促进了产业结构优化吗?[J]. 经济社会体制比较, 2020(6): 38-49.
[9] 刘毛桃,方徐兵,何启志. 数字普惠金融能促进中国城市产业结构的升级吗?[J]. 经济问题探索, 2023(5): 140-157.
Liu Maotao, Fang Xubing, He Qizhi. Can digital financial inclusion promote the upgrading of China's urban industrial structure? [J]. Comparative Economic & Social Systems, 2023(5): 140-157.
[10] 李明亮,陈德慧,余国新. 数字普惠金融赋能粮食体系韧性——基于空间溢出效应视角分析[J]. 中国农业资源与区划, 2024, 45(5): 74-84.
Li Mingliang, Chen Dehui, Yu Guoxin. Digital inclusive finance empowers food system resilience: Based on the perspective of spatial spillover effect [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024, 45(5): 74-84.
[11] 王妍霏,叶举,曹杰. 数字金融提升粮食体系韧性的机理及效应研究[J]. 经济经纬, 2023, 40(5): 48-60.
Wang Yanfei, Ye Ju, Cao Jie. Study on the mechanism and effect of digital finance improving the resilience of grain system [J]. Economic Survey, 2023, 40(5): 48-60.
[12] 贾子钰,韩廷春. 数字普惠金融对粮食安全的影响研究——基于县域面板数据[J]. 经济问题, 2024(11): 103-110.
Jia Ziyu, Han Tingchun. Research on the impact of digital inclusive finance on food security: Based on county-level panel data [J]. On Economic Problems, 2024 (11): 103-110.
[13] 周鹏飞,蔡扬,龙小燕. 数字普惠金融对农业新质生产力的影响效应及政策建议[J]. 西南金融, 2024(11): 45-58.

- Zhou Pengfei, Cai Yang, Long Xiaoyan. Impact of digital inclusive finance on agricultural new quality productivity and policy suggestions [J]. *Southwest Finance*, 2024(11): 45–58.
- [14] 张湘琦, 于勇. 数字普惠金融对粮食供应链韧性的影响研究——基于生产要素发展视角[J]. *农业现代化研究*, 2025, 46(2): 270–281.
- Zhang Xiangqi, Yu Yong. The impact of digital inclusive finance on food supply chain resilience: A perspective of production factor development [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2025, 46(2): 270–281.
- [15] 臧敦刚, 吴穹洲, 周洁. 数字普惠金融能否巩固粮食安全基石? ——基于省级面板的研究[J]. *西南金融*, 2024(12): 69–81.
- Zang Dungang, Wu Qiongzhou, Zhou Jie. Can digital inclusive finance strengthen the foundation of food security? A study based on provincial panel data [J]. *Southwest Finance*, 2024(12): 69–81.
- [16] 谭术魁, 仝斌, 张俊雯, 等. 数字普惠金融对耕地利用效率的影响——2011—2020年中部六省的实证[J]. *中国土地科学*, 2024, 38(4): 78–89.
- Tan Shukui, Tong Bin, Zhang Junwen, et al. Impact of digital financial inclusion on cultivated land use efficiency: Based on the empirical analysis of central China from 2011 to 2020 [J]. *China Land Science*, 2024, 38(4): 78–89.
- [17] 彭迪云, 苏雅, 冯怡. 数字普惠金融对农业韧性的非线性影响机制——兼论农业生产风险的门槛效应[J]. *中国人口·资源与环境*, 2025, 35(1): 205–219.
- Peng Diyun, Su Ya, Feng Yi. Nonlinear mechanisms of the impact of digital financial inclusion on agricultural resilience: Threshold effect of agricultural production risk [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2025, 35(1): 205–219.
- [18] 刘良灿, 李想. 数字普惠金融与农业经济韧性——基于空间溢出和门槛效应的实证检验[J]. *重庆理工大学学报(社会科学)*, 2024, 38(8): 107–122.
- Liu Liangcan, Li Xiang. Digital inclusive finance and agricultural economic resilience-empirical test: Based on spatial spillover and threshold effect [J]. *Journal of Chongqing University of Technology (Social Science)*, 2024, 38(8): 107–122.
- [19] 曹俊勇. 数字普惠金融与农业现代化: 理论逻辑与实证检验[J]. *统计与决策*, 2024, 40(21): 144–149.
- [20] 安丛梅. 数字普惠金融与种地农户增收——来自种植业全生产链条赋能的证据[J]. *南方经济*, 2024(5): 114–131.
- An Congmei. Digital inclusive finance and farmer income increase: Evidence from the entire production chain empowerment of the planting industry [J]. *South China Journal of Economics*, 2024(5): 114–131.
- [21] 马红刚. 数字普惠金融的农户增收效应与作用机制——基于陕西省9市18县的调查数据[J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2025, 25(1): 101–110.
- Ma Honggang. The effect and mechanism of rural household income increase in digital inclusive finance: Based on survey data from 18 counties of 9 cities in Shaanxi Province [J]. *Journal of Northwest A & F University (Social Science Edition)*, 2025, 25(1): 101–110.
- [22] 张正平, 王琼. 数字普惠金融发展对农业生产有资本替代效应吗? ——基于北京大学数字普惠金融指数和CFPS数据的实证研究[J]. *金融评论*, 2021, 13(6): 98–116, 120.
- [23] 周月书, 苗哲瑜. 数字普惠金融对农户生产经营投资的影响[J]. *中国农村观察*, 2023(1): 40–58.
- Zhou Yueshu, Miao Zheyu. The impact of digital inclusive finance on farmers' investment in production and operation [J]. *China Rural Survey*, 2023(1): 40–58.
- [24] 杨秋菊, 王文福. 数字普惠金融、新质生产力与城乡共同富裕[J]. *中国流通经济*, 2024, 38(6): 115–126.
- Yang Qiuju, Wang Wenfu. Digital inclusive finance, new-quality productive forces, and common prosperity between urban and rural areas [J]. *China Business and Market*, 2024, 38(6): 115–126.
- [25] 覃朝晖, 王榕菲, 余思明. 数字普惠金融对中国式农业现代化的影响效应及作用机制[J]. *统计与决策*, 2024, 40(11): 126–132.
- Qin Zhaohui, Wang Rongfei, Yu Siming. Impact of digital inclusive finance on Chinese-style agriculture modernization and the mechanism of action [J]. *Statistics & Decision*, 2024, 40(11): 126–132.
- [26] 曹臻, 袁浩然. 数字普惠金融对新型农业经营主体全要素生产率的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2024, 29(11): 285–296.
- Cao Li, Yuan Haoran. Impact of digital inclusive finance on the TFP of new agricultural business entities [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(11): 285–296.
- [27] 蒋健, 吴海涛. 农村劳动力老龄化对农业产业链韧性的影响——基于数字技术和数字普惠金融视角下的分析[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2025, 25(1): 168–181.
- Jiang Jian, Wu Haitao. The impact of aging rural labor force on the resilience of agricultural industry chain: Analysis from the perspective of digital technology and digital inclusive finance [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2025, 25(1): 168–181.
- [28] 刘成坤, 程子婷, 危俊卿. 乡村振兴背景下的数字普惠金融与农业绿色发展[J]. *青海社会科学*, 2024(3): 117–129.

- [29] 张欣艳, 谢璐华, 肖建华. 政府采购、数字经济发展与产业结构升级[J]. 当代财经, 2024(3): 43-55.
- [30] 邓楚瑶, 王福友. 数字普惠金融推动农业高质量发展的路径选择——基于黑龙江省农业数字普惠金融案例分析[J]. 审计与经济研究, 2022, 37(6): 117-126.
- [31] 杨鑫垚, 叶家硕, 李杰, 等. 数字普惠金融何以赋能乡村振兴? ——基于产业结构升级的视角[J]. 南方金融, 2024(6): 18-31.
- [32] 王小娟, 宋斌. 数字经济对中国西部地区碳排放的影响——基于基础设施水平的门槛效应分析[J]. 科技管理研究, 2025, 45(8): 68-79.
Wang Xiaojuan, Song Bin. The impact of the digital economy on carbon emissions in western China: An analysis of the threshold effect based on infrastructure level [J]. Science and Technology Management Research, 2025, 45(8): 68-79.
- [33] 刘琼, 肖海峰. 农村交通基础设施、农机跨区作业与农业生产效率——来自粮食主产区的经验分析[J]. 商业研究, 2021(6): 114-122.
- [34] 刘芳, 刘颖, 高奇正, 等. 交通基础设施、农业机械化与我国水稻生产[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(4): 578-586.
- [35] 李飞, 曾福生. 农业基础设施规模效应的门槛特征检验[J]. 统计与决策, 2016(11): 125-128.
- [36] 李建强, 王长松, 袁梓皓. 绿色金融何以提升粮食安全? ——基于农村人力资本和农业产业集聚视角[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2024, 34(1): 52-68.
- [37] 徐明, 陈斯洁. 我国粮食安全水平测度及影响因素研究——基于2012—2022年31个省级面板数据[J]. 河南社会科学, 2024, 32(6): 67-77.
Xu Ming, Chen Sijie. Measurement and influencing factors of China's grain security level: Based on panel data from 31 provinces from 2012 to 2022 [J]. Henan Social Sciences, 2024, 32(6): 67-77.
- [38] 张小允, 鲍洁, 许世卫. 基于熵权TOPSIS模型的中国粮食安全评价研究[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(4): 35-44.
Zhang Xiaoyun, Bao Jie, Xu Shiwei. Research on the evaluation of China's food security based on entropy weight TOPSIS model [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2023, 44(4): 35-44.
- [39] 唐建军, 龚教伟, 宋清华. 数字普惠金融与农业全要素生产率——基于要素流动与技术扩散的视角[J]. 中国农村经济, 2022(7): 81-102.
Tang Jianjun, Gong Jiaowei, Song Qinghua. Digital financial inclusion and agricultural total factor productivity: The role of factor flow and technology diffusion [J]. Chinese Rural Economy, 2022(7): 81-102.
- [40] 申云, 张珊瑚. 数字普惠金融赋能现代农业强县建设: 理论与实证[J]. 财经论丛, 2024(9): 57-68.
- [41] 曹菲, 聂颖. 产业融合、农业产业结构升级与农民收入增长——基于海南省县域面板数据的经验分析[J]. 农业经济问题, 2021(8): 28-41.
- [42] 马玉婷, 高强, 杨旭丹. 农村劳动力老龄化与农业产业结构升级: 理论机制与实证检验[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2023(2): 69-79.
Ma Yuting, Gao Qiang, Yang Xudan. Aging of rural labor force and the upgrading of agricultural industrial structure: Theoretical mechanism and empirical test [J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2023(2): 69-79.
- [43] 曲丽丽, 李美娆, 刘畅. 数字普惠金融对中国粮食生产安全的影响: 效应与机制[J]. 学习与探索, 2024(12): 92-102.
- [44] 杜蓉, 乔均. 数字金融对粮食产业高质量发展的影响[J]. 江淮论坛, 2023(3): 76-83, 193.
- [45] 赵向豪, 杨景淳. 数字普惠金融发展的农业绿色转型效应——基于土地流转和农村创业活力视角[J]. 农业现代化研究, 2024, 45(6): 1049-1060.
Zhao Xianghao, Yang Jingchun. Agricultural green transformation effect of the development of digital inclusive finance: Based on the perspective of land circulation and rural entrepreneurial vitality [J]. Research of Agricultural Modernization, 2024, 45(6): 1049-1060.

(上接第310页)

- [19] 王正, 邢瑞虎, 匡志芳, 等. 不同乳化剂对肉鸭生长性能和屠宰性能的影响[J]. 中国家禽, 2021, 43(11): 41-45.
- [20] Usman M, Gupta A K, Xue W. Wearable ring bioelectrical impedance analyzer for estimation and monitoring of body fat [J]. Smart Health, 2022, 24: 100275.
- [21] Calnan H B, Williams A, Alston-knox C, et al. Improved cut weight predictions from DEXA scans of lamb carcasses enables more accurate allocation of cuts to processing plans [J]. Meat Science, 2024: 109556.
- [22] Khalil S F, Mohktar M S, Ibrahim F. The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases [J]. Sensors, 2014, 14(6): 10895-10928.
- [23] Berg E P, Neary M K, Forrest J C, et al. Assessment of lamb carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths [J]. Animal Science, 1996, 74(11): 2672-2678.
- [24] Puñal S B, Nicodemus N, Del Barrio A S, et al. Application of bioelectrical impedance analysis to assess body composition of male and female broiler chickens from 2 different strains throughout the growth period [J]. Poultry Science, 2024, 103(3): 103447.