

科技赋能绿色金融促进山东省农业低碳转型的作用机制及传导路径

徐夕岚, 郝春悦

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2026年6月26日; 录用日期: 2026年7月26日; 发布日期: 2026年8月18日

摘 要

粮食安全与生态安全双重约束下, 山东省农业面临“保产量”与“降强度”的张力。数字普惠金融通过技术嵌入重构金融可得性, 为生态高值农业转型提供不同于传统政策性工具的支撑方式。本文基于山东省农业大省与绿色低碳高质量发展改革试验区的双重定位, 解析数字普惠金融驱动生态高值农业转型的赋能逻辑与实现通道, 识别技术嵌入金融服务的适配边界。研究发现, 数字普惠金融形成“信用重建 - 风险缓释 - 价值捕获”三重逻辑, 经由“资金触达 - 技术采纳 - 市场接入 - 网络协同”四条通道产生作用; 但农村数字鸿沟、数据产权模糊与金融产品同质化构成主要约束, 需从基础设施、制度设计与产品迭代层面突破。

关键词

科技赋能, 绿色金融, 农业低碳转型, 作用机制, 传导路径

The Mechanisms and Transmission Channels through Which Technology Empowers Green Finance to Promote the Low-Carbon Transition of Agriculture in Shandong Province

Xilan Xu, Chunyue Hao

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: June 26, 2026; accepted: July 26, 2026; published: August 18, 2026

文章引用: 徐夕岚, 郝春悦. 科技赋能绿色金融促进山东省农业低碳转型的作用机制及传导路径[J]. 可持续发展, 2026, 16(8): 107-120. DOI: 10.12677/sd.2026.168274

Abstract

Faced with the dual constraints of food security and ecological security, agriculture in Shandong Province is caught between the conflicting imperatives of “safeguarding output” and “reducing intensity”. Digital inclusive finance reshapes financial accessibility through the embedding of technology, providing a form of support for the transition to high-value ecological agriculture that differs from traditional policy instruments. Based on Shandong Province’s dual positioning as a major agricultural province and a pilot zone for green, low-carbon, and high-quality development, this paper analyses the enabling logic and implementation pathways through which digital inclusive finance drives the transition to high-value ecological agriculture, whilst identifying the boundaries of applicability for the embedding of technology in financial services. The research finds that digital inclusive finance forms a three-pronged logic of “credit reconstruction-risk mitigation-value capture”, which operates through four channels: “funds reach-technology adoption-market access-network synergy”; however, the rural digital divide, ambiguous data ownership rights, and the homogenization of financial products constitute major constraints, requiring breakthroughs at the levels of infrastructure, institutional design, and product iteration.

Keywords

Technology Empowerment, Green Finance, Low-Carbon Transition in Agriculture, Mechanism of Action, Transmission Channels

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候变化加剧、碳中和目标推进的背景下，农业作为温室气体排放源和碳汇库，其低碳转型已成为各国应对气候危机的重要内容[1]。联合国粮农组织估算，农林业和土地利用变化贡献了全球约23%的温室气体排放[2][3]，同时具备较大的减排增汇潜力。对中国而言，作为农业和人口大国，既要保障粮食供给，又要实现碳中和目标，必须推动农业领域变革。近年来，我国先后出台多项政策，推动农业农村减排固碳，标志着农业低碳转型进入实操阶段。但转型面临资金、风险、技术推广等多方面难题，仅靠财政和行政手段难以解决，必须引入系统性的金融工具。

绿色金融可以将环境外部性内部化，引导资本流向低碳领域，是全球气候治理的重要政策工具[4]。我国早在2016年就确立了绿色金融制度框架，之后进一步提升了其战略地位。但绿色金融在农业领域的发展远落后于工业和服务业，由于农业经营分散、碳排放核算难、缺少抵押物等问题，金融机构参与动力不足，农业低碳转型面临融资难、融资贵、风险高的问题，同时传统绿色金融工具更适配规模化的工业项目，不符合农业生产特征，需要借助技术重构服务模式。

数字技术发展为绿色金融适配农业提供了解决思路，卫星遥感、人工智能等技术成本下降，让农业碳排放监测、碳汇核算等成为可能，为绿色金融定价、风控等提供了数据支撑。数字技术支撑绿色金融并非简单叠加，而是重构了金融逻辑，推动其从依赖抵押物转向依靠数据信用，从事后补偿转向实时预警，从标准化产品转向场景定制，从机构中心转向平台生态，为农业低碳转型开辟了新路径，但相关的理论和实践问题仍需进一步研究。

山东是我国农业第一大省,也是国家绿色低碳高质量发展改革试验区,既面临农业转型的迫切需求,也具备金融创新试验的条件。国家赋予山东探索绿色低碳发展路径的使命,当前山东农业产值较高,但碳排放强度也偏高,转型空间较大;同时山东绿色金融创新起步早,数字基础设施完善,金融科技企业集聚,具备数字技术驱动绿色金融支持农业转型的基础条件。但这些探索能否转化为转型成效,还需要厘清机制、畅通路径、完善制度,因此本文以山东为研究对象,解析数字技术驱动绿色金融推动农业低碳转型的机制与路径,识别现存问题并提出优化策略,为相关实践提供参考。

2. 文献综述与理论基础

2.1. 相关研究综述

2.1.1. 数字经济与农业产业升级研究

绿色金融通过引导资本流向低碳领域、将环境外部性内部化,已成为全球气候治理的重要政策工具。国际研究较早提出环境金融概念,系统构建了环境风险评估与金融产品分析框架,并指出碳定价机制是农业碳汇金融化的核心基础设施。国内实证研究验证了绿色金融与金融科技对经济高质量发展的协同效应,发现绿色金融政策显著促进了农业生产低碳转型,但效应强度存在区域异质性,金融科技的区域碳减排效应亦得到识别。然而,现有研究多聚焦绿色金融的工业应用场景,针对农业领域“经营分散、碳排放核算难、抵押物匮乏”等特殊约束的讨论相对不足,且对绿色金融如何适配农业低碳转型需求的微观机制分析有待深化。

2.1.2. 数字技术与农村金融服务创新研究

数字技术通过降低信息不对称、重构信用生成逻辑,为农村金融普惠化提供了新路径。Gomber 等(2017)将数字金融定义为“由数字技术驱动的金融服务创新”,强调其在拓展服务边界、降低交易成本方面的潜力[5]; Fuster 等(2019)发现技术嵌入使抵押贷款审批效率提升 20%以上。国内研究中,付伟等(2023)证实数字普惠金融显著助推农业低碳发展[6],但 Beck 等(2016)警示数字金融存在“光明与阴暗两面”[7]:技术红利分配不均可能加剧数字鸿沟,黄晓慧等(2023)发现农村老年群体对数字技术的接受度显著低于年轻群体[8]。现有研究对数字技术如何嵌入绿色金融服务、破解农业碳汇定价难题的系统性分析仍显薄弱,尤其缺乏对县域尺度的深度案例研究。

2.1.3. 农业碳汇与生态产品价值实现研究

农业碳汇金融化是连接生态效益与经济效益的关键环节,但面临方法论瓶颈。国际层面,Costanza 等(1997)开创的生态系统服务价值评估方法,为生态产品货币化奠定了理论基础[9]。国内研究中,田云等(2022)重新测算了中国农业碳排放,为绿色金融精准施策提供了数据基础[1];胡永浩等(2023)综述了农业碳排放测算的多元方法,指出数据口径不一制约了碳汇定价精度[10]。然而,农业碳汇的“非标准化、非储存性、非可预测性”特征使其金融化路径更为复杂,现有研究对碳汇质押、碳汇保险等创新产品的定价机制与风险缓释工具探索不足,且缺乏将碳汇核算、金融产品设计、生态补偿政策纳入统一分析框架的系统研究。

2.2. 核心理论基础

2.2.1. 信息不对称理论

Akerlof(1970)的“柠檬市场”理论表明,信息不对称导致劣质品驱逐优质品[11]。在农业绿色金融市场中,金融机构往往难以准确识别经营主体的实际碳减排绩效,进而引发洗绿风险与融资错配问题。数字技术可通过多源数据融合与智能核验,将经营主体的私有信息转化为可验证的公共信息,有效缓解信

息不对称, 使风险定价能够更真实地反映经营主体的碳减排绩效。本研究以此为基础, 分析数字技术如何重构绿色金融在农业领域的信用生成逻辑与风险定价机制。

2.2.2. 外部性内部化理论

Coase (1960)的产权理论[12]与 Pigou (1920)的补贴理论[13], 为环境外部性的治理提供了两种路径: 前者通过明晰产权实现市场交易, 后者通过政府干预纠正市场失灵。农业碳汇具有强正外部性, 其社会收益远大于私人收益, 导致市场供给不足。数字技术通过精准核算将外部性内部化为可交易的碳资产, 使经营主体的低碳行为获得市场化回报。本研究以此为基础, 分析“碳汇核算-碳交易-碳汇收益返还-再投资”的良性循环机制设计。

2.2.3. 交易成本经济学

Williamson (1985)指出, 交易成本源于资产专用性、不确定性与交易频率三重因素, 治理结构的选择取决于交易成本最小化逻辑[14]。农业低碳转型涉及政府、金融机构、科研机构、龙头企业、合作社、小农户等多元主体, 协调成本高昂。数字平台通过标准化数据接口降低资产专用性锁定, 通过实时信息共享降低不确定性, 通过高频在线交互降低重复谈判成本。本研究以此为基础, 分析绿色金融平台如何降低多元主体交易成本、促进“风险共担、收益共享”的协同演化。

2.2.4. 研究定位与边际贡献

现有研究存在三方面不足: 其一, 缺乏“数字技术-绿色金融-农业低碳转型”的系统整合框架, 多将三者作为独立议题分析; 其二, 区域异质性分析不足, 对山东等农业大省内部粮食主产区、设施农业区、沿海养殖区的差异化需求关注有限; 其三, 学理深度有待加强, 机制分析多停留在描述层面, 缺乏与信息经济学、制度经济学的理论对话。本文以山东省为典型案例, 构建“数字技术-绿色金融-低碳转型”三维联动分析框架, 引入信息不对称理论、外部性内部化理论、交易成本经济学, 系统解析“风险重构-激励再造-网络协同”三重作用机制与直接传导间接传导双重路径, 试图在以下方面推进现有研究: 一是填补农业绿色金融适配性研究的理论空白; 二是提供县域特色农业全链条数字化与低碳化协同转型的微观路径; 三是修正技术乐观主义视角, 客观识别转型中的数据治理、数字鸿沟、产品同质化等瓶颈约束。

3. 山东省农业低碳转型现状与绿色金融发展态势

3.1. 山东省农业低碳转型的发展态势与深层困境

山东省是农业大省, 农林牧渔业总产值常年居全国首位, 粮食产量连续九年稳定在千亿斤以上。但农业领域碳排放压力突出, 化肥施用强度、畜禽养殖甲烷排放、稻田氧化亚氮排放等均处于较高水平[10]。近年来, 山东省紧扣绿色低碳高质量发展改革试验区建设, 将农业低碳转型纳入全省双碳工作整体布局, 在种植、养殖、能源替代等领域取得阶段性进展。

种植领域, 全省推广测土配方施肥、水肥一体化、保护性耕作等技术种植领域, 全省推广测土配方施肥、水肥一体化、保护性耕作等绿色农业技术, 持续推进化肥减量增效与有机肥替代工作, 不断优化耕地施肥结构, 提升耕地质量。黄河三角洲盐碱地综合利用示范区坚持以地适种与以种适地相结合的发展思路, 持续扩大耐盐碱作物种植范围, 有效改良盐碱耕地, 稳步提升农田土壤碳汇能力。潍坊市国家农业开放发展综合试验区积极引进国外先进设施农业技术, 优化农业设施生产模式, 降低设施农业生产能耗, 推动设施农业绿色低碳发展。山东省规模养殖场已全部配套建设粪污处理设施, 畜禽粪污综合利用率稳定在 90%以上[15]。能源替代领域, 农村分布式光伏装机规模居全国前列, 农业生产用电中可再生

能源占比逐年提升。

尽管成效显著,山东省农业低碳转型仍面临深层瓶颈。一是转型风险高,主体不敢转。低碳农业技术如保护性耕作、精准施肥、生物固氮等,对气候条件、土壤基础、管理水平要求严苛,技术失败风险显著高于传统模式。极端天气频发背景下,低碳转型初期产量波动加剧,经营主体收益预期不稳。二是转型成本高,主体转不起。保护性耕作机具购置、智能施肥设备、沼气工程等设施投入,较传统模式高出30%至50%,中小规模经营主体资金储备薄弱,信贷可得性不足。三是技术普及难,主体不会转。农村劳动力老龄化趋势明显,新型经营主体对数字化低碳技术的接受度与操作能力参差不齐,基层农技推广体系人员流失、服务网络断裂问题尚未根本解决。

山东省农业内部存在显著的区域异质性,可划分为四大类型区,其低碳转型重点与绿色金融需求各具特征:

(1) 鲁西平原粮食主产区(菏泽、聊城、德州、济宁)。该区域耕地资源丰富,粮食播种面积占全省40%以上,低碳转型重点在于保护性耕作、精准施肥与土壤固碳。绿色金融需求集中于大规模农机装备融资、气候指数保险、粮食碳汇核算方法学开发。当前卫星遥感技术在该区域应用相对成熟,但小农户分散经营导致碳汇监测成本偏高。

(2) 潍坊-寿光设施农业区。作为全国设施农业发源地,该区域温室大棚密集,能源消耗与碳排放强度较高。低碳转型重点在于节能改造、智能温控、可再生能源替代。绿色金融需求以能效提升贷、设施抵押融资、光伏配套融资为主。物联网传感器在该区域部署较广,但数据标准不统一制约了跨平台整合。

(3) 胶东半岛沿海养殖区(青岛、烟台、威海、日照)。该区域海洋碳汇资源丰富,海带、贝藻养殖面积居全国前列。低碳转型重点在于海洋碳汇增汇、循环水养殖、养殖尾水处理。绿色金融需求以海洋碳汇质押融资、养殖装备升级贷、海水养殖保险为主。海洋碳汇核算方法学尚处探索阶段,制约了金融化进程。

(4) 黄河三角洲盐碱地/特色区(东营、滨州及山区丘陵)。该区域盐碱地面积大、生态脆弱,同时山区丘陵特色林果资源丰富。低碳转型重点在于盐碱地改良、耐盐碱作物培育、湿地碳汇保护与特色林果低碳化。绿色金融需求以盐碱地改良专项贷、湿地碳汇保险、特色产业贷为主。该区域数字基础设施薄弱,技术覆盖明显滞后于胶东半岛。

上述区域分化表明,数字技术驱动绿色金融支持山东农业低碳转型,不能采用“一刀切”模式,需针对不同区域的资源禀赋、技术基础、金融需求,设计差异化的技术嵌入方案与金融产品体系。

3.2. 科技赋能山东省绿色金融发展的实践进展与农业适配困境

山东省绿色金融发展起步较早,济南市、青岛市分别依托产业转型升级示范区与上合示范区,探索绿色金融与实体经济融合路径。山东省绿色债券发行规模居全国前列,但绿色金融资源向农业领域配置比例偏低,农业低碳转型融资缺口显著。

科技应用方面,山东省金融机构积极探索数字技术嵌入绿色金融服务。人民银行济南分行推动“绿色金融+普惠金融”融合发展,引导金融机构运用卫星遥感、物联网、区块链技术开展农业信贷与碳汇核算。齐鲁银行开发“碳惠贷”产品,依据企业碳排放强度与减排绩效实行差异化利率定价。青岛银行探索海洋碳汇金融,为海带、贝藻养殖提供碳汇质押融资。山东省农信联社依托智e通平台,整合农户经营数据与政务数据,开展线上授信与贷后监测。

尽管取得进展,科技支撑绿色金融支持农业低碳转型仍存在明显短板。一是科技应用不均衡,资源集中于规模以上农业企业与沿海发达地区,小农户与山区、滩区经营主体覆盖不足。卫星遥感、物联网

等技术在粮食主产区应用相对成熟,但在设施农业、畜禽养殖、海洋牧场等场景的适配性有待提升。二是绿色金融产品单一,同质化现象突出。现有产品以绿色信贷为主,农业碳汇质押、气候债券、转型基金等创新工具匮乏,保险产品中缺乏与碳减排绩效挂钩的差异化设计。三是数据治理滞后,涉农数据分散于农业农村、自然资源、生态环境、气象、金融监管部门,标准不一、接口各异,碳排放核算、碳汇监测、生态产品价值评估缺乏统一方法论,制约精准定价与风险识别。四是农村数字基础设施支撑能力不足,部分偏远乡镇移动通信信号覆盖不稳,农户智能终端普及率较城镇地区低约40个百分点,老年农户数字素养薄弱、操作应用障碍突出,数字技术助力技术应用落地存在明显梗阻[8]。

3.3. 初步关联分析

科技赋能绿色金融与农业低碳转型之间存在互构共生关系。从环境经济学视角审视,农业低碳转型具有强正外部性,碳汇增量、甲烷减排、土壤固碳等生态效益难以通过市场机制内部化,传统金融工具因无法识别与定价生态效益而缺乏参与动力。数字技术驱动下,卫星遥感监测植被覆盖与生物量变化,物联网传感器采集温室气体排放数据,区块链存证生产行为与生态效益,人工智能模型核算碳汇增量与减排量,为生态效益的货币化、金融化提供了技术基础。绿色金融据此开发差异化产品,将碳减排绩效与融资条件挂钩,使生态效益转化为经营主体的经济收益。

从发展经济学视角审视,农业低碳转型是长期结构性变革,涉及生产资料更新、技术体系重构、组织模式变革、市场渠道拓展,需要持续、稳定、低成本的资金支持。传统农村金融以抵押担保为信用基础,期限错配于农业生产周期,风险定价粗放,难以满足低碳转型的融资需求。绿色金融通过数据信用替代抵押担保,通过智能风控降低信息不对称,通过平台运营拓展服务边界,通过产品创新匹配转型需求,为农业低碳转型提供适配的金融供给[16]。

从制度经济学视角审视,农业低碳转型涉及多元主体利益协调与行动协同,需要政府、金融机构、科研机构、龙头企业、合作社、小农户形成有效治理结构。绿色金融平台作为信息枢纽与资源匹配器,降低主体间交易成本,促进数据共享与信任建立,推动形成“风险共担、收益共享”的协同机制。山东省绿色低碳高质量发展改革试验区的制度优势,为数字技术推动绿色金融支持农业低碳转型提供了试验空间,但改革试验区政策的农业领域落地仍需机制创新。

4. 科技赋能绿色金融促进山东省农业低碳转型的作用机制

4.1. 核心作用机制框架

数字技术驱动绿色金融促进农业低碳转型,核心在于构建“数字技术-绿色金融-低碳转型”三维联动机制。以现代数字技术为动力,打破传统绿色金融在农业领域的信息壁垒与效率瓶颈,优化风险识别、产品定价、资金配置、服务延伸全流程,强化风险重构、激励再造、网络协同三大功能,从风险预期、成本约束、技术能力、市场环境多维度影响经营主体决策,引导其从高碳粗放生产转向低碳集约模式。

在该机制中,数字技术体系是核心动力,具体包括:卫星遥感实现植被覆盖与碳汇动态监测,物联网传感器实时采集温室气体排放与能耗数据,区块链存证生产行为与生态效益,人工智能模型核算碳汇增量与减排绩效。这些技术通过数据聚合、算法驱动、平台运营,破解绿色金融在农业领域的信息不对称、风险识别难、定价精度低、服务成本高、逆向选择与道德风险等顽疾,提升绿色金融的适配性与普惠性[17]。绿色金融是中间载体,通过风险重构、激励再造、网络协同,搭建金融资源与农业低碳转型的桥梁,降低转型阻力与成本。农业低碳转型是最终目标,实现农业生产过程中的温室气体减排、碳汇能力提升、资源利用效率改善、生态系统功能恢复。

数字技术驱动主要通过两个层面发力：基础层面完善风险重构与激励再造机制，解决核心痛点；强化层面构建网络协同机制，提升绿色金融运行效率与服务针对性，助推技术普及与产业升级，解决深层难题。

4.2. 基础驱动机制：风险消纳与成本补偿

4.2.1. 风险消纳机制

风险重构机制是最核心的基础机制，核心在于为农业低碳转型提供全方位风险保障，降低经营主体损失预期。首先，农业低碳转型面临多重叠加风险，经营主体抗风险能力弱，传统金融工具也无法满足风险保障需求，而科技赋能能够让绿色金融在风险识别、预警、定价、缓释全环节提质增效。

数字技术支撑下，在风险识别环节，金融机构联合科研院所搭建多维监测体系，依托遥感数据实现动态监测，通过传感器采集相关数据，构建农业生产碳排放与碳汇核算数据库[18]；在风险预警环节，基于机器学习算法与历史数据库，开发多种风险预警模型，提前发布预警指导经营主体防控减损；在风险定价环节，整合多类数据构建双维度定价模型，实现风险与价格匹配、绩效与优惠挂钩；在风险缓释环节，创新组合工具对冲价格风险，联动多方构建多层风险分散体系，开发多种创新产品筑牢风险防线。

从信息经济学视角看，农业低碳转型风险具有“隐藏行动”与“隐藏信息”双重特征。经营主体的技术采纳努力程度难以被金融机构直接观测，而不同地块的土壤条件、气候适应性等私有信息进一步加剧了逆向选择。数字技术通过实时监测将隐藏行动转化为可验证信号，通过多源数据融合降低隐藏信息的不可观测性，从而缓解委托代理问题，使风险定价从“基于类型的统计歧视”转向“基于行为的精准定价”。

4.2.2. 成本补偿机制

激励再造机制与风险重构机制相辅相成，通过差异化融资条件、碳汇收益返还、衔接生态补偿，降低经营主体低碳投入成本，缓解资金压力。农业低碳转型前期投入高、回报周期长，而中小经营主体经济实力薄弱，因此精准化经济激励是激发转型积极性的关键。传统激励手段粗放，常出现补贴错位、资金挪用、效率损失问题，数字技术能够显著提升激励的精准度与透明度。

金融机构借助遥感监测、大数据分析、区块链存证，精准核验经营主体各类低碳生产行为，为其建立碳账户与绿色绩效档案[19]。对符合低碳标准表现突出的经营主体给予信贷优惠，对高碳破坏生态的主体进行信贷约束，用价格杠杆引导生产行为。还可依托大数据平台完成补贴精准核算直达经营主体，避免截留挪用，提升财政资金使用效率。同时推动绿色金融和农村信贷、产业扶持、生态补偿联动，依靠碳汇质押拓宽融资渠道，推动生态产品价值实现返还生产主体，解决融资难题强化激励效果。

山东省在黄河三角洲探索“盐碱地改良-碳汇提升-绿色信贷-碳交易”联动机制，改良后的盐碱地碳汇能力提升，经核证进入碳交易市场，收益按比例返还经营主体，同时作为绿色信贷增信依据，形成“投入-增汇-变现-再投入”的良性循环。

从外部性内部化理论看，农业碳汇具有公共品属性，其社会收益远大于私人收益，导致市场供给不足。数字技术通过精准核算将外部性内部化为可交易的碳资产，使经营主体的低碳行为获得市场化回报，从而纠正碳汇供给的市场失灵。山东省黄河三角洲的“盐碱地改良-碳汇提升-绿色信贷-碳交易”联动机制，实质上是将 Coase 定理与 Pigou 税相结合的混合治理：碳交易实现产权明晰后的市场交易，绿色信贷贴息则相当于对正外部性的补贴。

4.3. 科技赋能下的强化机制：网络协同机制

4.3.1. 精准核算与动态定价机制

基于信息不对称理论的精准核算与动态定价机制：Akerlof 的“柠檬市场”理论表明，信息不对称导

致劣质品驱逐优质品。在农业绿色金融市场中, 金融机构无法精准识别经营主体的真实碳减排绩效, 导致洗绿风险与融资错配。数字技术通过多源数据融合与智能核验, 将私有信息转化为可验证的公共信息, 降低信息不对称程度, 使风险定价回归真实绩效, 引导金融资源向低碳农业有效配置[20]。传统绿色金融缺乏农业碳排放与碳汇的精准信息渠道, 易出现逆向选择与道德风险, 浪费金融资源, 阻碍转型推进。

金融机构联合生态环境、农业农村部门整合多类相关数据, 通过“经营主体自主申报 + 基层网格员实地核验 + AI 智能比对”模式, 核实多类基础信息。在此之后, 打破单一定价模式, 依据经营主体多项相关指标制定个性化融资条件, 实现风险与价格匹配、绩效与优惠挂钩。同时建立动态调整机制, 根据年度相关数据逐年优化融资条件, 激励持续减排增汇。

山东省在青岛市开展海洋碳汇核算试点, 依托中国海洋大学技术支撑, 建立海带、龙须菜、贝类养殖碳汇计量方法学, 为海洋碳汇金融化提供方法论基础, 相关成果纳入绿色信贷定价参考。

4.3.2. 数据驱动与服务延伸机制

该机制依托大数据整合农业、气象、能源、市场、碳交易数据, 打破信息孤岛, 延伸绿色金融服务链条, 提供低碳技术指导、碳资产管理、碳交易撮合、产销对接等增值服务, 补齐经营主体技术、信息、市场短板, 实现融资融智双重推动。

数据驱动层面, 金融机构联合科研院所搭建农业碳管理大数据平台, 分析种养规律、碳排放趋势、灾害风险、市场需求, 提供定制化生产指导与减排建议, 开展田间培训、线上授课、远程诊断, 推动低碳技术普及。服务延伸层面, 绿色金融从单一资金供给, 转向全流程综合服务, 对接碳交易市场、用能权交易市场, 协助经营主体开展碳汇项目开发、核证、登记、交易; 对接加工企业、电商平台、商超, 打通低碳农产品销售渠道; 协助开展低碳认证、碳标签、品牌打造, 提升农产品市场竞争力与溢价能力。

4.3.3. 产业链协同机制

产业链协同机制依托科技平台, 打通绿色金融、低碳生产、加工增值、碳汇交易、市场销售全产业链, 构建政府、银行、保险、基金、企业和经营主体多方协同体系, 提供全方位金融、技术、配套服务, 打通产业链堵点, 提升产业价值, 长效激励经营主体转型。

依托山东省产业转型升级综合试验区与上合示范区, 建设农业绿色低碳发展大数据平台, 实现多方数据互通、资源共享。明确各方职责: 政府负责政策引导、标准制定、补贴拨付与监管, 金融机构提供差异化融资与风险管理服务, 担保机构提供信用增级, 基金提供股权投资, 科研机构提供低碳技术研发与成果转化, 龙头企业负责产业链组织、深加工与市场拓展。经营主体可通过平台快速申请绿色信贷、碳汇质押融资、气候保险, 缓解资金压力。借助大数据分析市场供需与碳价格走势, 引导经营主体调整种养结构, 推动农产品深加工、延长产业链、提升附加值, 形成“低碳生产 - 绿色金融保障 - 加工增值 - 碳汇变现 - 市场销售”的良性循环, 为低碳转型提供长效支撑。

从交易成本经济学看, 农业低碳转型涉及多元主体, 其协调成本源于资产专用性、不确定性与交易频率三重因素。数字平台通过标准化数据接口降低资产专用性锁定, 通过实时信息共享降低不确定性, 通过高频在线交互降低重复谈判成本, 从而将“一次性博弈”转化为“重复博弈”, 促进风险共担、收益共享的协同演化格局。山东省新旧动能转换综合试验区的平台化实践, 本质上是将市场交易成本内部化为平台治理成本, 当平台治理边际成本低于市场协调边际成本时, 组织边界向平台扩展具有经济效率。

5. 科技赋能绿色金融促进山东省农业低碳转型的传导路径

5.1. 传导路径整体框架

科技赋能绿色金融促进农业低碳转型, 构建直接间接传导双重路径体系。以科技赋能为动力, 依托

绿色金融各项核心功能, 将政策激励与市场激励传导至经营主体端, 引导其转变生产决策, 实现农业低碳升级。直接传导路径依托基础机制, 直击核心痛点, 链条短、见效快; 间接传导路径依托强化机制, 优化资源配置、改善市场环境、整合多方资源, 覆盖面广、持续性强。直接路径消解短期转型障碍, 解决经营主体不敢转、没钱转的问题[21]; 间接路径筑牢长期发展根基, 破解技术、市场、产业链等深层次难题, 二者互为补充, 共同推动低碳转型稳步推进。四条路径协同发力, 形成完整传导闭环。

5.2. 直接传导路径

5.2.1. 路径一：风险重构与风险减量促进低碳技术采纳路径

这是核心直接路径, 依托风险重构机制, 通过全方位风险保障与动态预警, 降低经营主体低碳生产不确定性, 打消亏损顾虑, 促使其主动采纳低碳技术。低碳技术如保护性耕作、精准施肥、生物固氮、沼气发酵等, 前期投入高、技术门槛高、失败风险大, 经营主体惧怕亏损不敢尝试, 绿色金融提供稳固保障, 化解这一核心阻力。

直接传导流程清晰: 一是数字技术支撑绿色金融升级全流程服务, 扩大保障范围、提高风险识别精度、提速预警响应, 覆盖低碳生产全链条风险; 二是动态监测与足额快速补偿降低经营主体损失预期, 抵御技术失败、气候变异、市场波动等风险冲击; 三是经营主体消除顾虑, 主动采纳保护性耕作、水肥一体化、畜禽粪污资源化、农村光伏等低碳技术, 实现生产方式转型。例如齐鲁银行在潍坊市设施农业区运用物联网监测技术, 实时推送能耗异常预警、提供节能改造指导, 推动绿色金融从灾后补偿向灾前防控转型, 加快低碳技术落地。

5.2.2. 路径二：融资激励与成本降低提升低碳生产意愿路径

该路径依托激励再造机制, 通过差异化融资条件与碳汇收益返还, 直接降低经营主体生产与融资成本, 缓解资金压力, 提升转型积极性[22]。农业低碳转型前期投入高、回报周期长、资金占用大, 成本减负是激发转型意愿的关键。传导流程有三条: 一是科技赋能精准识别低碳生产行为与碳汇绩效, 为差异化政策提供数据依据, 杜绝激励错位; 二是低利率、高额度、长期限融资与碳汇收益返还直接削减经营主体投入成本; 三是成本下降、盈利空间提升、碳资产增值, 激发经营主体扩大低碳生产、学习低碳技术的意愿, 形成良性循环。山东省财政对保护性耕作、有机肥替代、沼气工程等领域的补贴, 与绿色金融激励措施协同, 进一步提升了经营主体的转型意愿。

5.3. 间接传导路径

5.3.1. 路径三：优化资源配置提升生产效率与碳汇价值路径

这是核心间接路径, 依托精准核算与数据服务机制, 引导资金、技术、人才等优质资源向低碳农业倾斜, 提升生产效率与碳汇价值[23]。传统农业资源配置不合理、高碳锁定效应强, 科技赋能下资源向低碳高效领域流动, 释放农业低碳转型活力。传导流程如下: 一是科技赋能精准甄别低碳生产主体与碳汇潜力地块, 推动资源向减排绩效好、增汇潜力大的经营主体与区域倾斜; 二是增值服务帮助经营主体优化生产方式、减少资源浪费、提升能源效率, 增强生产效率; 三是高效生产与低碳技术提升土壤碳汇能力与农产品品质, 打造低碳品牌, 提高附加值与收益, 吸引更多经营主体参与转型。山东省在黄河三角洲盐碱地改良中, 通过绿色信贷引导社会资本投入, 改良后地块碳汇能力提升 30%以上, 有效验证了资源优化配置的增汇效应。

5.3.2. 路径四：增强市场信任拓展低碳农产品与碳汇交易渠道

该路径依托数据服务机制, 通过全程记录低碳生产信息, 建立可追溯信用档案, 增强市场信任, 拓

宽销售渠道与碳汇变现渠道, 反向激励经营主体坚持低碳生产。当前低碳农产品市场信息混乱、认证标准不一, 碳汇交易市场流动性不足、价格发现机制不完善, 权威信用背书与便捷交易渠道是破局关键。传导流程通过三条路径实现: 一是科技赋能绿色金融全程留存经营主体生产、能耗、碳排放、碳汇、检测信息, 形成权威可信的低碳档案, 向消费市场与碳交易市场公开; 二是权威背书消除信息不对称, 提升消费者、采购商、碳交易对手方的信任度, 扩大市场需求与碳汇交易意愿; 三是需求增长带动多元化销售渠道与碳汇交易渠道铺开, 经营主体收益提升, 坚定低碳生产决心。山东省“齐鲁农超”平台对接绿色金融数据, 为低碳认证农产品提供溯源展示与溢价销售, 有效拓展了市场渠道。

5.3.3. 路径五: 政策协同和资源整合构建低碳发展生态系统路径

该路径依托产业链协同机制, 推动绿色金融与财政、产业、科技、环境政策深度协同, 整合多方资源, 构建全方位低碳发展生态, 营造优良外部环境。农业低碳转型涉及主体多、领域广、周期长, 单一政策难以形成合力, 协同发展是长效保障。传导流程通常如下: 一是科技搭建大数据平台, 打破数据壁垒, 实现资源共享与行动协调; 二是政府、金融、科研、企业各司其职、协同发力, 出台扶持政策、提供配套服务、开展技术攻关、组织市场拓展; 三是完善的生态系统为经营主体提供全方位保障, 消除转型后顾之忧, 推动生产决策根本转变。山东省绿色低碳高质量发展改革试验区建设, 将绿色金融、农业低碳转型、黄河流域生态保护、产业转型升级纳入统一框架, 为政策协同提供了制度基础, 但具体落地仍需机制细化。

5.4. 传导路径的瓶颈分析

结合山东实际, 科技赋能绿色金融促进农业低碳转型的传导路径存在诸多堵点, 制约效能释放。一是直接路径短板, 风险保障范围偏窄, 部分低碳技术如生物固氮、土壤改良剂应用等未纳入保障; 融资激励力度不足, 碳汇质押估值方法不成熟, 质押率低、变现难; 预警响应与资金调度存在时滞, 风险减量效果打折扣。二是间接路径受阻, 涉农数据共享机制不健全, 资源调配精准度受限; 低碳农产品品牌培育滞后, 碳标签、碳足迹认证普及率低; 碳汇交易市场流动性不足, 价格信号传导不畅; 跨部门协同机制形式化, 政策落地存在“中梗阻”。三是全路径共性问题, 科技应用表层化、覆盖不均衡, 胶东半岛与山区、滩区差距显著; 经营主体数字素养与低碳意识偏低, 接受度与操作能力弱; 绿色金融产品创新滞后、同质化严重, 难以适配多元化低碳转型需求; 农村数字基础设施薄弱, 偏远地区信号覆盖与智能终端普及不足。各类瓶颈相互交织, 阻碍路径畅通, 急需针对性破解。

6. 科技赋能绿色金融促进山东省农业低碳转型的优化策略

6.1. 强化科技赋能, 完善智慧绿色金融体系

6.1.1. 搭建省级农业碳金融大数据平台, 打通数据壁垒

整合农业、自然资源、生态环境、气象、能源、金融等多部门数据, 搭建全省统一、互联互通的农业碳金融大数据平台, 破除信息孤岛, 实现数据共享共用。建立常态化数据共享机制, 规范采集、审核、存储、开放流程, 保证数据真实准确、动态更新, 重点归集经营主体信息、土地确权、碳排放监测、碳汇核算、绿色生产、融资履约等核心数据, 为精准绿色金融服务提供支撑。加强平台安全防护, 落实数据保密与监管制度, 严防信息泄露、滥用。推动平台与绿色金融线上服务、农技推广、碳交易市场、农产品销售、信贷平台无缝对接, 实现数据互通、业务联动, 释放数据价值。制定农业碳排放核算、碳汇监测、生态产品价值评估统一标准, 为绿色金融精准定价提供方法论基础。

6.1.2. 推广精准化绿色金融服务模式, 提升服务质量

扩大卫星遥感、无人机、物联网、区块链技术应用范围, 从粮食主产区延伸至设施农业、畜禽养殖、

海洋牧场、特色林果等领域,实现科技赋能全覆盖。因地制宜优化技术方案:山区用无人机弥补遥感盲区,沿海养殖区布设物联网设备监测水质与碳排放,设施农业区部署传感器监测能耗与温室气体。优化线上服务平台,简化操作流程,对接手机应用、微信小程序,实现一键申贷、线上签约、智能风控。压缩融资审批时限,推行小额快贷,建立时效监督机制。依托大数据搭建智能风险预警模型,实时监测气象、病虫害、能耗异常、碳价波动风险,提前发布预警,推动绿色金融从灾后补偿向灾前防控转型。

6.1.3. 加强农村科技普及,提升经营主体应用能力

联合金融机构、科研院所、乡镇政府组建科普队伍,开展全覆盖、接地气的科技培训,内容聚焦绿色金融操作、低碳生产技术、碳账户管理、碳交易入门、智能手机使用等,采用田间实操、线下授课、线上直播、入户指导等形式,兼顾老年经营主体接受能力。通过乡村广播、短视频、微信群、宣传栏常态化宣传惠农政策与低碳农业优势,提升经营主体认知度。针对老年经营主体、低收入经营主体开展一对一帮扶,手把手指导线上业务办理。扶持合作社、家庭农场发展,提高经营主体组织化程度,加快技术与绿色金融普及。

6.2. 创新产品设计,强化绿色金融的激励与保障作用

6.2.1. 构建多层次农业绿色金融产品体系,满足多样化需求

立足山东区域禀赋与种养结构,开发差异化绿色金融产品,其中鲁西平原粮区主推信贷、专项贷、保险产品,胶东半岛发展能效提升贷、海洋碳汇质押融资,黄河三角洲推出盐碱地改良贷、相关种植与湿地碳汇保险,山区丘陵开发特色相关产业保险。同时,针对不同经营主体提供对应融资服务,探索各类创新金融工具,完善产品矩阵。

6.2.2. 优化融资激励与碳汇定价机制,增强激励效果

加大财政贴息与风险补偿力度,提高绿色信贷补贴标准,降低经营主体自付利率,合理划分各级财政分担责任。建立与碳减排绩效挂钩的动态融资条件机制,对低碳达标、碳汇增量突出的经营主体给予利率下调、额度上浮、优先续贷奖励;对高碳排放、破坏生态的经营主体提高利率、收缩额度、限制准入,用价格杠杆引导低碳生产。依托大数据平台实现补贴精准核算、直达经营主体,杜绝截留挪用。建立补贴动态调整机制,结合农业发展进度、碳价走势、经营主体收入适时优化。吸引社会资本参与,构建政府、市场、社会多元化投入模式。

6.2.3. 探索绿色金融 + 的创新模式,提升综合保障能力

推广“绿色信贷 + 碳汇交易”模式,以碳汇收益权质押拓宽融资渠道,以碳交易收益返还增强激励。深化“绿色金融 + 保险 + 期货”合作,对冲农产品价格与气候双重风险,稳定经营主体收益。探索“绿色金融+”模式,联动农技部门提供技术指导,对接电商、商超打通销售渠道,协助开展低碳认证、碳标签、品牌培育,打造一体化综合服务体系。这种创新模式,是绿色金融高质量发展的重要方向,也能有效解决低碳农产品卖难问题,提升产业附加值。

6.3. 完善政策协同,优化转型发展环境

6.3.1. 强化政策协同联动,形成工作合力

建立“政府 + 银行 + 保险 + 基金 + 企业 + 科研机构”常态化协同机制,明确各方职责,将数字技术驱动绿色金融、农业低碳转型纳入全省绿色低碳高质量发展改革试验区建设总体规划。农业农村部门负责技术推广与标准制定,生态环境部门负责碳排放监测与碳汇核算,财政部门负责补贴监管与绩效评估,金融监管部门负责产品合规与风险防控,金融机构负责产品创新与服务延伸,形成多元协同治理

格局。建立绩效评估机制, 将工作成效纳入地方政府与机构绩效考核, 加强监督检查, 推动政策落地。加强沿黄省份合作, 借鉴浙江、广东、重庆等绿色金融改革创新试验区先进经验, 推动协同发展。

6.3.2. 健全监管与风险防控体系, 保障行业健康发展

完善科技赋能绿色金融监管制度, 严查虚假碳排放数据、骗贷骗补、资金挪用等违法行为, 维护经营主体权益。加强补贴资金与碳汇收益专项监管, 实行专款专用、专项审计。依托大数据平台构建全方位风险预警体系, 健全气候巨灾风险分散机制, 联动再保险、省级巨灾基金、碳汇储备, 提升抗大灾能力。完善配套法规, 规范数据使用、碳汇交易、金融运作, 提供法治保障。建立农业碳汇项目第三方核证与信息披露制度, 防范洗绿风险。

6.3.3. 推动低碳产业链协同发展, 提升产业附加值

依托大数据平台搭建产业链协同对接平台, 打通低碳生产、加工增值、碳汇交易、储运销售全环节。扶持龙头企业开展农产品低碳深加工, 延长产业链、提升附加值; 支持打造齐鲁农超等区域性低碳农产品公共品牌, 加强宣传与品质管控。给予低碳加工、销售、物流企业税收优惠与财政补贴, 拓宽销售渠道。支持科研机构开展农业减排增汇技术研发, 加快成果转化, 提升农业低碳转型盈利能力, 形成长效转型动力。潍坊市国家农业开放发展综合试验区、黄河三角洲农业高新技术产业示范区的实践表明, 完善的产业链协同是提升农业低碳转型附加值的关键, 绿色金融也需依托产业链协同发挥更大支撑作用。

7. 结论与研究展望

7.1. 研究结论

本文以山东省为研究对象, 构建了“数字技术-绿色金融-低碳转型”三维联动的分析框架, 系统解析了科技赋能绿色金融促进农业低碳转型的作用机制、传导路径及优化策略, 得出以下主要结论:

第一, 数字技术重构了绿色金融的农业适配逻辑。卫星遥感、物联网、区块链、人工智能等数字技术的嵌入, 突破了传统金融工具在农业领域面临的信息不对称、抵押物匮乏、风险定价难三重约束, 使绿色金融从机构中心的抵押担保逻辑转向数据中心的信用生成逻辑, 从事后补偿转向实时预警, 从标准化供给转向场景化定制, 为农业低碳转型提供了适配性更强的金融支撑。

第二, 数字技术驱动绿色金融形成了“风险重构-激励再造-网络协同”三重作用机制。风险重构机制通过多维监测、智能预警、动态定价、多层缓释, 降低经营主体低碳转型的不确定性感知; 激励再造机制通过碳账户建立、差异化融资条件、碳汇收益返还, 将生态效益转化为经济收益, 激活转型内生动力; 网络协同机制通过平台化治理、数据共享、产业链整合, 降低多元主体交易成本, 形成“风险共担、收益共享”的协同演化格局。三重机制层层递进, 从基础保障到动力激活再到生态培育, 构成完整的赋能逻辑体系。

第三, 数字技术驱动绿色金融通过“资金触达-技术替代-市场变现-生态增值”四条路径实现制度激励向经营主体的传导。直接路径消解短期障碍, 间接路径破解长期难题, 四条路径相互交织、动态反馈, 形成“融资投入-技术采纳-市场实现-信用积累-再投资”的良性循环。但数据治理滞后、产品同质化、基础设施薄弱、主体协同不足等瓶颈, 仍制约着传导效能的充分释放。

第四, 山东省作为国家绿色低碳高质量发展改革试验区, 其农业低碳转型与绿色金融创新的实践具有参考价值。通过搭建省级农业碳金融大数据平台、构建多层次产品体系、优化碳汇定价与融资激励、深化“绿色金融+”创新模式、强化多元主体协同治理, 可为其他农业省份探索“数字技术驱动绿色金融支持农业低碳转型”提供经验参考。

7.2. 研究展望

本文的研究仍存在一定局限,同时也为后续研究指明了方向。

第一,研究局限。本文侧重于机制解析与路径梳理,属于规范性研究范畴,对科技赋能绿色金融促进农业低碳转型的量化测度有待深化。受限于农业碳排放微观数据的可得性,本文未能构建计量模型对三重机制的效应强度、四条路径的传导效率进行精确测算,未来可进一步收集面板数据,运用双重差分、中介效应、空间计量等方法,对作用机制进行实证检验。此外,本文对山东省的案例分析以宏观政策与典型实践为主,对经营主体异质性的刻画尚显不足,微观层面的田野调查与深度访谈有待补充。

第二,未来研究方向。一是长期动态效应评估。科技赋能绿色金融对农业低碳转型的影响具有长期性与滞后性,未来可开展追踪研究,评估政策实施的持续效应、路径依赖与锁定效应,识别转型过程中的“反弹效应”与“碳泄漏”风险。二是数字技术迭代的影响。随着大模型、数字孪生、低空遥感等技术的成熟,绿色金融的服务范式将发生新一轮变革,未来需关注技术迭代对农业碳汇核算精度、金融产品创新边界、农村金融生态的重塑作用。三是跨区域比较研究。不同省份的资源禀赋、产业结构、金融基础、数字基础设施存在显著差异,未来可开展山东与浙江、广东、四川等省份的对比研究,识别科技赋能绿色金融的适配条件与区域差异,构建分类施策的政策框架。四是碳汇金融化的方法论研究。农业碳汇的核证方法学、定价机制、风险缓释工具仍处于探索阶段,未来需加强农业碳汇项目开发、监测核证、交易流通、金融化运作的方法论研究,为碳汇质押、碳汇债券、碳汇保险等创新产品提供理论与技术支撑。五是农户行为实验研究。基于行为经济学与实验经济学方法,设计农户低碳生产决策实验,测度风险偏好、时间偏好、社会网络对科技赋能绿色金融响应行为的影响,为精准政策设计提供微观行为基础。

参考文献

- [1] 田云,尹恣昊. 中国农业碳排放再测算:基本现状、动态演进及空间溢出效应[J]. 中国农村经济, 2022(3): 104-127.
- [2] FAO (2014) Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/13671E>
- [3] IPCC (2019) Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/srccl/>
- [4] 赵保国,崔书嘉. 绿色金融、金融科技与经济高质量发展[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2023, 25(1): 12-24.
- [5] Gomber, P., Koch, J. and Siering, M. (2017) Digital Finance and Fintech: Current Research and Future Research Directions. *Journal of Business Economics*, **87**, 537-580. <https://doi.org/10.1007/s11573-017-0852-x>
- [6] Fuster, A., Plosser, M., Schnabl, P. and Vickery, J. (2019) The Role of Technology in Mortgage Lending. *The Review of Financial Studies*, **32**, 1854-1899. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz018>
- [7] Beck, T., Chen, T., Lin, C. and Song, F.M. (2016) Financial Innovation: The Bright and the Dark Sides. *Journal of Banking & Finance*, **72**, 28-51. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2016.06.012>
- [8] 黄晓慧,聂凤英. 数字化驱动农户农业绿色低碳转型的机制研究[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2023, 23(1): 30-37.
- [9] Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., et al. (1997) The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, **387**, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- [10] 胡永浩,张昆扬,胡南燕,等. 中国农业碳排放测算研究综述[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(2): 163-176.
- [11] Akerlof, G.A. (1970) The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, **84**, 488-500. <https://doi.org/10.2307/1879431>
- [12] Coase, R.H. (1960) The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and Economics*, **3**, 1-44. <https://doi.org/10.1086/466560>
- [13] Pigou, A.G. (1920) *The Economics of Welfare*. 4th Edition, Macmillan and Co., Limited.

-
- [14] Williamson, O.E. (1985) *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. Free Press.
- [15] 山东畜禽粪污综合利用率稳定在 90%以上[EB/OL].
http://www.shandong.gov.cn/art/2023/12/6/art_97564_620467.html, 2023-12-06.
- [16] 苏培添, 王磊. 数字普惠金融对中国农业碳排放强度影响的空间效应与机制[J]. 资源科学, 2023, 45(3): 593-608.
- [17] 王磊, 马金铭. 数字普惠金融影响农业绿色发展的机制与效应[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2023, 22(6): 14-27.
- [18] 刘俊霞, 丁忠民, 任亚运. 绿色金融政策对农业生产低碳转型的影响——基于全国农村固定观察点数据的分析[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2024, 50(5): 152-166.
- [19] 付伟, 李龙, 罗明灿, 等. 数字普惠金融助推农业低碳发展的实证研究[J]. 农林经济管理学报, 2023, 22(1): 11-19.
- [20] 熊子怡, 张科, 何宜庆. 金融科技的区域碳减排效应[J]. 华东经济管理, 2024, 38(1): 89-98.
- [21] 程秋旺, 许安心, 陈钦. “双碳”目标背景下农业碳减排的实现路径——基于数字普惠金融之验证[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43(2): 115-126.
- [22] 高国生, 王奇珍, 支海兵. 数字普惠金融对农业碳排放强度的影响效应分析[J]. 经济问题, 2024(1): 57-65.
- [23] 王向辉. 数字普惠金融、农地流转与农业绿色低碳转型[J]. 统计与决策, 2023, 39(23): 156-161.