http://www.resourcesindustries.net.cn zycy@cugb.edu.cn

数字经济赋能农业绿色全要素生产率
——基于土地流转与数字普惠金融的双重路径研究

王湘润，闫晶晶

（中国地质大学（北京）经济管理学院，北京 100083）

摘 要：在我国“双碳”战略落地实施与数字经济深度发展的双重背景下，推动农业绿色低碳转型已成为实现中国农业实现高质量发展的核心任务。基于2011—2023年我国30个省份（不含西藏、港澳台地区）的省级面板数据，采用全局超效率SBM－GML模型测度各省份农业绿色全要素生产率，运用熵值法测算数字经济综合指数。构建双向固定效应模型，采用两阶段最小二乘法等多重手段分析双向因果导致的内生性问题。同时，运用中介效应模型，对土地流转和数字普惠金融作用路径进行分析。实证研究表明：1）数字经济对我国农业绿色全要素生产率具有显著的直接正向赋能效应。2）中介效应结果表明，数字经济依托大数据平台打破信息壁垒，促进了土地流转市场的透明化、规范化，进而通过规模化、集约化经营优化农地配置，从而提升农业绿色全要素生产率；同时，数字经济拓展了数字普惠金融的服务边界和覆盖广度，通过缓解小农户信贷配给和技术外溢约束，为绿色农业技术研发、引进与应用提供了资金保障。3）异质性检验结果显示，数字经济对农业绿色全要素生产率的促进作用在粮食主产区显著，但在非粮食主产区不显著；相较于黄河流域，长江流域农业发展受数字经济的绿色赋能效果更强。基于区域异质性特征，未来政策制定应当采取因地制宜的差异化协同策略：一方面，继续推进乡村数字基础设施全覆盖，搭建集产供销于一体的智慧农业数字化平台；另一方面，充分释放土地资源优化配置与数字普惠金融赋能农业的叠加效应，逐渐缩小城乡、区域农业数字鸿沟，促进全国农业绿色现代化协同均衡发展。

关键词：农业绿色全要素生产率；数字经济；土地流转；数字普惠金融；中介效应模型

中图分类号：F323.3；F205 **文献标识码**：A **文章编号**：1673－2464（2026）05－0018－13

Digital Economy Empowering Agricultural Green Total Factor Productivity: A Dual-Path Study Based on Land Transfer and Digital Inclusive Finance

WANG Xiangrun, YAN Jingjing

(*School of Economics and Management, China University of Geosciences (Beijing), Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Against the dual backdrop of the implementation of China's "dual carbon" strategy and development of digital economy, promoting the green and low-carbon transformation of agriculture has become the important task to realise high-quality development of China's agriculture. Based on provincial panel data of 30 provinces in China

收稿日期：2025－12－25；**修订日期**：2026－04－11；**责任编辑**：胡媛。

网络出版地址：https://link.cnki.net/urlid/11.5426.TD.20260921.1402.002 **DOI**：10.13776/j.cnki.resourcesindustries.20260921.001

基金项目：国家自然科学基金面上项目（28932020039）。

第一作者简介：王湘润，硕士生，主要从事区域经济研究。E-mail：wxr20010129@126.com

通信作者简介：闫晶晶，博士、教授，主要从事资源环境经济研究。E-mail：yanjingjing312@hotmail.com

引用格式：王湘润，闫晶晶，2026. 数字经济赋能农业绿色全要素生产率：基于土地流转与数字普惠金融的双重路径研究[J]. 资源与产业，28(5)：18－30.

WANG Xiangrun, YAN Jingjing, 2026. *Digital economy empowering agricultural green total factor productivity: A dual-path study based on land transfer and digital inclusive finance*[J]. *Resources & Industries*, 28(5): 18－30.

(excluding Tibet, Hong Kong, Macao, and Taiwan) from 2011 to 2023, the global super-efficiency SBM-GML model is used to measure agricultural green total factor productivity in each province, and the entropy method is used to calculate the comprehensive index of digital economy. A two-way fixed effects model is constructed, and multiple methods such as two-stage least squares are used to address the endogeneity problem caused by two-way causality. Meanwhile, a mediation effect model is used to analyze the action paths of land transfer and digital inclusive finance. Empirical research shows that digital economy has a significant direct positive empowering effect on China's agricultural green total factor productivity. The mediation effect results indicate that digital economy, relying on big data platforms, breaks information barriers, promotes the transparency and standardization of the land transfer market, and thereby optimizes agricultural land allocation through large-scale and intensive management, thus enhancing agricultural green total factor productivity. At the same time, digital economy expands the service boundaries and coverage of digital inclusive finance, and by alleviating the credit rationing and technology spillover constraints of smallholder farmers, provides financial guarantee for the research and development, introduction, and application of green agricultural technologies. Heterogeneity test results show that the promoting effect of digital economy on agricultural green total factor productivity is significant in major grain-producing areas, but not significant in non-major grain-producing areas. Compared with the Yellow River Basin, agricultural development in the Yangtze River Basin is more strongly empowered by the digital economy's green effect. Based on regional heterogeneity characteristics, future policy formulation should adopt differentiated collaborative strategies tailored to local conditions. On the one hand, policymakers should continue to promote full coverage of rural digital infrastructure and build smart agricultural digital platforms that integrate production, supply, and marketing; on the other hand, they should fully leverage the synergistic effects of optimizing land resource allocation and empowering agriculture through digital inclusive finance, gradually narrow the urban-rural and regional agricultural digital divide, and promote the coordinated and balanced development of China's green agricultural modernization.

Key words: agricultural green total factor productivity; digital economy; land transfer; digital inclusive finance; mediation effect model

0　引言

随着新一轮科技革命和产业变革的深度演进，数字化转型为世界经济发展注入了新动能，新产品、新技术已成为经济增长的新引擎（孙伟增等，2023），对传统产业进行全方位赋能，催生出了新的产业与模式，进而释放数字技术对经济发展的放大和倍增效应（贾利军等，2021）。为了更好地发展数字经济，加快数据强国建设，我国先后出台了《数字中国建设整体布局规划》《“十四五”数字经济发展规划》等政策文件，完善数字基础设施，提升数据资源管理和利用水平，推动产业数字化转型。目前，发达国家已将数字经济列为战略发展重点，力图抢占新一轮技术革命的主导权（戴翔等，2022）。我国数字经济发展规模和速度均处于全球领先地位。2022 年我国数字经济规模达 50.2 万亿元，占 GDP 的 41.5%。2023 年，这一比重超过了 44%，数字经济对国民经济增长的支撑、拉动作用持续凸显。

在数字经济快速发展的同时，“双碳”目标引领下的绿色低碳转型已成为我国经济社会高质量发展的核心主线。2020 年我国正式提出“力争 2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和”的战略目标，全面推进各领域节能减排与绿色升级。农业是碳排放的重要来源之一，其中农业温室气体排放量约占我国碳排放总量的 17%，化肥、农药等生产资料的粗放式投入是农业碳排放的主要诱因（金绍荣等，2022）。随着生态文明建设纵深推进，农业高质量发展不仅强调产出增长，更突出环境友好和绿色可持续发展（金芳等，2020），农业绿色转型和乡村绿色现代化成为我国实现绿色发展、应对气候变化的重要举措。

农业全要素生产率是衡量农业生产力的重要指标，其提升能够提高农产品产出效率、释放农村剩余劳动力、促进经济结构转型（王璐等，2020）。长期以来，全要素生产率提升是我国农业增长的主要动力，主要依托技术进步赋能传统生产要素、优

化要素配置结构、提升生产投入质量，实现农业提质增效（郭家堂等，2016）。随着环境问题日益严重，兼顾经济产出和环境效益的农业绿色全要素生产率（agricultural green total factor productivity，AGTFP）逐渐成为学界研究热点。区别于传统全要素生产率，农业绿色全要素生产率纳入碳排放等非期望产出与环境约束条件，将环境绩效纳入农业效率评估，突破了传统农业效率评价的单一经济维度，契合农业可持续发展的核心诉求。因此，探究数字经济对农业绿色全要素生产率的影响机制，对于破解农业低碳发展困境、助力农业绿色转型具有重要的现实意义。

近年来，学者围绕数字经济与农业绿色发展的关系展开了大量研究，许多研究证实数字经济能显著促进农业绿色全要素生产率提升，为数字技术助力农业绿色转型提供重要的理论基础（杜建军等，2023；孙淑惠等，2023；郭海红，2024）。然而，现有文献多聚焦于数字经济对农业绿色全要素生产率的直接影响效应检验，对传导机制的挖掘不够深入。已有研究证实经济韧性、产业结构升级、技术进步等在数字经济对农业绿色全要素生产率的影响中发挥了积极作用（杨军等，2024；曾钦友等，2022；张桅等，2020），但鲜有研究立足农业核心生产要素，聚焦土地要素配置与农村金融约束两大关键维度展开机制检验。同时，我国农业资源禀赋、产业基础存在显著区域差异，数字经济对不同区域农业绿色效率的赋能异质性有待进一步精准识别。

基于此，本文在测度数字经济发展水平与农业绿色全要素生产率的基础上，构建面板固定效应模型与中介效应模型，系统分析数字经济对农业绿色全要素生产率的影响效应及其作用机制，重点揭示土地流转和数字普惠金融的双重传导路径。本文的边际贡献主要有以下 2 点：1）在研究视角上，从“数字经济—要素配置—绿色生产效率”的逻辑链条出发，探讨数字经济如何通过土地流转（要素配置路径）和数字普惠金融（金融服务路径）促进农业绿色全要素生产率提升，从而丰富数字经济赋能农业绿色发展的理论与实证研究；2）在区域异质性方面，考察了粮食主产区与非主产区、黄河流域与长江流域的差异化影响，识别了数字经济赋能效应的空间分布特征，为推动区域农业绿色转型和制定差异化政策提供经验证据。

1 理论分析与研究假说

数字经济赋能传统农业，不仅能够提升要素配置效率、完善供应链管理，还能通过数字技术减少化肥与农药的使用，降低环境污染，改善生态系统治理效率。随着数字技术的普及与应用，数字化转型已成为提升农业生产效率、推动农业可持续发展的重要路径。数字技术具有较高的技术含量与较低的环境损耗，能够有效提升资源配置效率（蔡跃洲等，2021）。数字经济通过数据、算法与平台机制为农业生产提供要素支撑，有效规避要素错配、低效配置等效率损失问题（卢京宇等，2025）。数字经济凭借“蒲公英效应”，将数据要素深度嵌入农业生产环节，强化了信息技术在生产端的应用，优化资源流动，缓解长期存在的资源错配问题（孔令英等，2023）。数字经济的快速发展推动数字技术融入劳动、土地、资本等传统生产要素体系，促进了农业生产要素的数字化重构。一方面，数字经济能够优化农业供应链管理，实现从生产、加工、运输到销售各环节高效衔接，提高供应链整体协调性与运行效率，从而在降低成本与损耗的同时，实现农业绿色全要素生产率的提升。另一方面，数字经济的社会正外部性通过数字技术的创新与转化向农业领域延伸，促进互联网、物联网与智能设备的深度融合，既提高了农业产量与产品品质，又有效减少了农业碳排放与其他非期望产出，推动农业生产的绿色化转型。

此外，数字经济中的大数据技术的普及和应用，可实时采集和分析农业生产过程中的关键数据，如土壤湿度、气象条件、作物生长状态与病虫害情况，为精准农业管理提供科学依据。大数据的高共享性与可复制性特征使其在农业生产中具有较低的边际成本与较高的附加值，促进农业生产高效、低耗与清洁运行。其跨时空信息传播与资源统筹能力对生态环境优化具有重要作用，有助于农业向低污染、高生态价值方向转型。同时，数字经济还可通过整合科研数据与农业信息资源，支持农业科技创新与新技术研发，推动物联网与大数据在农业防污治污技术中的应用，促进农业信息资源高效整合与利用，从而为农业生产集约化、智能化与绿

色化转型提供关键技术支撑（张蕴萍等，2022）。基于上述分析，提出研究假设 H_1。

H_1：数字经济能够促进农业绿色全要素生产率的提升。

土地流转是我国农业经营体系变迁的重要路径，是农业经营主体转变的主要渠道，也是实现农业规模化、集约化经营的核心机制（朱诗娥等，2024）。传统土地流转市场在很大程度上是一个信息不透明、交易成本高昂的局部市场，多局限于村庄内部或邻近区域，依赖于人际关系和口头传播，信息匹配效率低下。数字经济的发展催生了许多数字化平台，如网站、手机 App，创建了一个集中、透明的信息发布市场（张永奇等，2024）。数字平台解决了传统土地流转市场中存在的“熟人问题”，能增加需求和供给双方信任，提高信息透明度，极大地拓宽了交易的地理范围和选择空间，降低了寻找合适交易对象所需的时间和精力成本（刘守英等，2024）。数字平台提供标准化的电子合同范本，明确了流转双方的权利与义务，减少了因信息不对称和契约不规范引发的纠纷（罗明忠等，2018），降低了土地流转后的道德风险和违约风险。综上，数字经济通过降低土地市场的信息不对称、减少交易风险，推动农地从分散经营向规模化经营转变，促使土地资源从生产效率低的分散农户向生产效率高的主体转移，优化了农业生产中的要素配置，增加了规模化经营生产中的土地要素投入。同时，规模化经营主体更具备采用智能灌溉、精准施肥、无人机植保等低碳技术的条件，能够依托规模优势实现节能减排和资源优化利用。

土地流转具有显著的福利效应，能提升土地资源配置效率、优化农户劳动力配置和提高农业生产效率（盖庆恩等，2023）。农地经营规模的扩大会倒逼农业生产模式革新，推动生产要素配置结构优化（郑静丹等，2025）。转入户通过土地转入扩大自身土地经营规模，实现规模化生产，提高农业生产机械化水平，有利于农业生产向集约低碳模式转型。转出户通过土地流转转出自家土地，释放农业剩余劳动力，推动劳动力向非农产业转移，拓宽农户收入渠道。土地流转会优化土地转出户和转入户的农业生产劳动力配置，土地转入户会增加劳动力要素投入，将更多劳动力和数字技术要素结合，转出户会减少农业劳动力投入，转向非农就业，从而实现农业生产中劳动力要素的重新配置。因此，土地流转会影响农业生产中的土地和劳动力要素投入，实现农地资源、劳动力资源与数字技术、绿色技术的精准适配，依托多要素协同优化提高农业生产效率。

基于上述分析，提出研究假设 H_2。

H_2：数字经济通过土地流转优化农业生产要素配置，从而提高农业绿色全要素生产率。

数字经济的快速发展和信息基础设施建设的不断完善，显著提升了数据要素配置效率和数字技术应用水平，为数字普惠金融在农村地区的广泛应用奠定了基础。依托大数据、区块链、人工智能等数字技术，金融机构能对农户生产经营行为和信用状况进行多维度评估，降低农村金融交易成本，缓解长期存在的信息不对称与融资约束问题。

数字普惠金融通过线上信贷、移动支付和供应链金融等多样化金融服务形式，突破了传统金融体系对地理区位和信息条件的依赖，显著提升了农村金融服务的覆盖广度和使用深度。金融资源配置效率的提高，使农业生产主体能够更加便捷、稳定地获取资金支持，为其优化要素投入结构、扩大规模经营以及采用绿色生产方式创造有利条件，从而为农业绿色全要素生产率提升提供了重要的金融基础。

进一步来看，数字普惠金融发展主要通过融资赋能、技术扩散、风险缓释三重机制提升农业绿色全要素生产率。1）融资赋能机制。数字普惠金融通过降低信贷门槛和融资成本，缓解农户和新型农业经营主体的资金约束，为绿色生产方式转型提供必要的资金支持，有助于提升农业要素配置效率。2）技术扩散机制。数字普惠金融依托数字平台加强资金供给与绿色技术需求之间的匹配，促进精准施肥、智能灌溉和数字化农机等绿色农业技术的推广与应用（胡晓清，2025），从而在提高农业产出的同时降低资源消耗与环境污染。3）风险缓释机制。数字普惠金融通过将农业信贷与农业保险相结合，利用大数据风控和智能定价技术提高农业保险覆盖率和保障水平（张林等，2022），增强农户应对自然风险和市场波动的能力，降低绿色技术采用的不确定性，进而提升农业绿色生产的稳定性和可持续性。

综上所述，数字经济通过促进数字普惠金融在

农村地区的广泛应用，从融资支持、技术扩散和风险缓释等多个维度优化农业生产条件和要素配置结构，持续释放农业绿色发展动能。基于上述分析，提出研究假设 H_3。

H_3：数字经济通过发展数字普惠金融缓解农业融资约束，进而提高农业绿色全要素生产率。

2 研究设计

2.1 模型构建

采用固定效应模型考察数字经济对农业绿色全要素生产率提高的影响，具体模型为

$$AGTFP_{it} = \alpha + \beta DE_{it} + X_{it} + \rho_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中：$AGTFP_{it}$ 为 t 年 i 省份的农业绿色全要素生产率；DE_{it} 为 t 年 i 省份的数字经济发展水平，用熵值法测算得到；X_{it} 为可能影响农业绿色全要素生产率的省份层面随时间变化的控制变量；ρ_i 为省份固定效应，用来控制省份层面不随时间变化的特征；η_t 为时间固定效应，用来控制全国层面随时间变化的特征；ε_{it} 为随机扰动项；β 为核心系数，反映数字经济对农业绿色全要素生产率的平均处理效应。

为进一步揭示数字经济对农业绿色全要素生产率的作用机制，借鉴江艇（2022）的做法，构建中介效应模型，采用两步回归法进行测算，计算公式为

$$M_{it} = \alpha + \beta_1 DE_{it} + X_{it} + \rho_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中 M_{it} 为中介变量。

2.2 变量选取

1）核心解释变量。本文将数字经济发展水平（*DE*）设定为核心解释变量。现有研究对数字经济水平的测度主要分为直接法和间接法：前者多基于数字经济相关行业的统计数据直接估算数字经济规模，后者则通过多维指标体系对数字经济发展程度进行综合评估。鉴于本文研究主题的综合性以及数据可得性，采用间接测度法。在指标体系构建方面，参考已有文献的研究框架（唐要家等，2022；柏培文等，2021；赵涛等，2020），并结合中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展白皮书（2024 年）》，从数字基础设施、数字产业化、产业数字化以及数字经济发展环境 4 个维度构建评价体系（表 1）。数字基础设施反映数字经济发展的硬件支撑能力，包括互联网普及率、移动通信网络覆盖率及数据传输能力等；数字产业化衡量以信息通信技术为核心的数字产业发展水平；产业数字化体现农业产业应用数字技术进行转型升级的程度；数字经济发展环境则反映区域创新能力、制度环境及数字人才储备等对数字经济发展的支撑作用。本文采用客观赋权的熵值法测算各省份的数字经济发展水平。

表 1 中国数字经济指标体系

Table 1 Indicator system of China's digital economy

目标层	一级指标	二级指标	变量选取	数据来源
数字经济发展水平	数字基础设施	传统基础设施	互联网宽带接入率	国家统计局
			互联网域名数	
			互联网普及率	
		新型数字基础设施	移动电话设施规模	
			IPv4 地址数	
	数字产业化	产业规模	长途光缆线路长度	
			人均电信业务总量	
			软件业务收入	
		产业种类	数字经济产业企业数量	企研数据——数字经济产业专题数据库
			电子信息制造业企业个数	
	产业数字化	农业数字化	农村宽带接入用户	国家统计局
			开通互联网宽带业务的行政村比重	
			农村居民平均每百户年末计算机拥有量	
			农村居民平均每百户年末移动电话拥有量部	
			农业气象观测业务站点个数	
	数字经济发展环境	创新环境	研发机构数	企研数据—数字经济产业专题数据库
			5G 产业专利授权数	

2）被解释变量。农业绿色全要素生产率是衡量农业可持续发展的关键指标，能反映农业生产效率和绿色发展质量。现有研究计算绿色全要素生产率的方法主要有参数估计法和非参数估计法，其中非参数估计法可以同时处理具有多输入指标和多输出指标的决策单元，且不需要设定具体的生产函数，主要包括 SBM 模型、EBM 模型和 DDF 模型。本文参考刘亦文等（2021）、方芳等（2024）、李玲等（2012）的研究方法，采用包含非期望产出的全局超效率 SBM 模型，结合 GML 指数测度农业绿色全要素生产率。具体计算公式为

$$\mathrm{AGTFP}=\min\frac{1-\frac{1}{m}\times\sum_{i=1}^{m}\frac{S_i^-}{X_{i0}}}{1+\frac{1}{S_1+S_2}\times\left(\sum_{r=1}^{s_1}\frac{S_r^+}{Y_{r0}}+\sum_{t=1}^{s_2}\frac{S_t^{b-}}{b_{t0}}\right)},\tag{3}$$

$$s.t.\ \begin{cases}X_{i0}=X_i\times\lambda+S_i^-\\ Y_{r0}=Y_r\times\lambda-S_r^+\\ b_{t0}=b_t\times\lambda+S_t^{b-}\\ S^-\geqslant 0,\ S^+\geqslant 0,\ S^{b-}\geqslant 0\end{cases},$$

式中：AGTFP 为农业绿色全要素生产率；m 为投入指标个数；S_1 为期望产出个数；S_2 为非期望产出个数；S_i^- 为投入冗余；S_r^+ 为期望产出不足；S_t^{b-} 为非期望产出过剩；X_{i0} 为决策单元的实际投入；Y_{r0} 为决策单元的期望产出；b_{t0} 为决策单元的非期望产出；λ 为权重。

上述模型为静态效率测算，无法反映农业生产率的变化。因此，采用 SBM－GML 指数测算农业绿色全要素生产率的逐年变动幅度。其计算公式为

$$\mathrm{GML}^{t,t+1}(x^{t+1},y^{t+1},b^{t+1};x^t,y^t,b^t)=\frac{1+D_G^T(x^t,y^t,b^t)}{1+D_G^T(x^{t+1},y^{t+1},b^{t+1})}。\tag{4}$$

若 $\mathrm{GML}^{t,t+1}<1$，说明期望产出减少，非期望产出增加，即农业绿色全要素生产率低于上期水平；若 $\mathrm{GML}^{t,t+1}>1$，说明农业绿色全要素生产率提高。

在变量指标选取方面，将就业人数、土地、化肥、农业机械、农药、塑料薄膜、灌溉作为投入变量，将农林牧渔总产值作为期望产出，将农业碳排放总量作为非期望产出。就业人数用第一产业就业人数表征，土地用农业播种面积表征，化肥用农用化肥施用量表征，农业机械用农业机械总动力表征，农药用农药使用量来表征，农膜用塑料薄膜使用量来表征，灌溉用有效灌溉面积来表征，如表 2 所示。选取化肥、农药、农膜、柴油、翻耕、农业灌溉 6 种碳源（李波等，2011），结合农业碳排放系数，计算碳排放总量。

表 2　农业绿色全要素生产率的投入与产出

Table 2　Inputs and outputs of agricultural green total factor productivity

变量类型	变量指标	变量名称	单位
投入	就业人数	第一产业就业人数	万人
	土地	农作物总播种面积	10^3 hm^2
	化肥	农用化肥施用量	万 t
	农业机械	农业机械总动力	10^4 kW
	农药	农药使用量	万 t
	农膜	塑料薄膜使用量	万 t
	灌溉	有效灌溉面积	10^3 hm^2
产出	期望产出	农林牧渔总产值	亿元
	非期望产出	农业碳排放总量	万 t

$$\mathrm{Emission}=\sum\mathrm{Emission}_{ijt}=\sum T_{ijt}\cdot\delta_j,\tag{5}$$

式中：Emission 为农业碳排放总量；$\mathrm{Emission}_{ijt}$ 为 t 年 i 省份第 j 种碳源的碳排放量；T_{ijt} 为 t 年 i 省份第 j 种碳源的数量；δ_j 为第 j 种碳排放源的碳排放系数。化肥的碳排放系数为 0.895 6 kg·kg^{-1}，农药的碳排放系数为 4.493 41 kg·kg^{-1}，数据来源于美国橡树岭国家实验室的研究；农膜的碳排放系数为 5.18 kg·kg^{-1}，数据来源于南京农业大学农业资源与生态环境研究所的研究；农业柴油使用量＝农用柴油总量×（农业机械总动力/农用机械总动力），柴油的碳排放系数为 0.592 7 kg·kg^{-1}，数据来源于联合国政府间气候变化专门委员会的研究；农业播种的碳排放系数为 312.6 kg·km^{-2}，数据来源于中国农业大学生物与技术学院的研究；农业灌溉的碳排放系数为 20.476 kg·hm^{-2}，数据参考王宝义（2016）的研究。

3）中介变量。结合前文的理论分析，选取土地流转（*LT*）和数字普惠金融（DIF）作为中介变量，考察数字经济对农业绿色全要素生产率的间接传导机制。土地流转用家庭承包耕地流转总面积占经营耕地面积的比重表示，数字普惠金融采用北京大学数字普惠金融指数（郭峰等，2020）。

4）控制变量。选取省级层面特征变量作为控制变量，具体包括：城镇化水平（Urb），用城镇人

口占总人口比重表示；财政支农（Fin），用地方财政农林水事务支出占地方财政一般预算支出的比重表示；产业结构（Ind），用第一产业增加值占地区生产总值的比重表示；单位面积农业产值（Agr），用农业总产值与农作物总播种面积的比值表示；农业产业结构调整指数（*Ai*），用农业总产值占农林牧渔业总产值的比重表示；农村居民生活水平（Lif），用农村居民家庭恩格尔系数表示；农业受灾比例（Dis），用受灾面积占农作物播种面积的比重表示。

2.3 数据来源

选取 2011—2023 年中国 30 个省份（剔除数据缺失严重的西藏和港澳台地区）的面板数据，最终得到 390 个观测样本。数字经济指标的原始数据来源于《中国统计年鉴》和企业研究数据数字经济产业专题数据库；农业投入产出数据和控制变量数据来自《中国统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》，部分缺失数据用线性插值法补齐。变量描述性统计如表 3 所示。

表 3 变量描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of variables

变量	观测值	均值	标准差	最大值	最小值
DE	390	0.129	0.102	0.719	0.018
AGTFP	390	0.552	0.251	1.055	0.169
Urb	390	0.601	0.121	0.896	0.350
Agr	390	0.445	0.254	1.879	0.129
Fin	390	0.113	0.034	0.204	0.039
Lif	390	14 616	6 782	42 988	4 278
Ai	390	0.471	0.084	0.639	0.266
Ind	390	0.097	0.053	0.258	0.002
Dis	390	0.139	0.113	0.695	0.004

3 基准回归分析

根据 LM 检验、F 检验及 Hausman 检验结果，本文采用固定效应模型。表 4 列（1）为单变量回归结果，列（2）为逐步加入省份固定效应、时间固定效应的回归结果，列（3）为加入控制变量的回归结果。回归结果显示，加入控制变量和时间固定效应、省份固定效应后，数字经济对农业绿色全要素生产率的回归系数始终显著为正，均在 1% 水平下显著，表明数字经济发展能提高农业绿色全要素生产率，且影响较为稳健。究其原因，数字经济依托数字化、智能化技术赋能农业生产全链条，促进绿色生产技术广泛应用，减少农药化肥的使用，降低农业碳排放，最终推动农业高质量绿色转型。因此，假说 H_1 得到证实。

表 4 基准回归结果

Table 4 Baseline regression results

变量	（1）	（2）	（3）
DE	0.543 1***	0.476 9***	0.536 4***
	（0.117 4）	（0.116 1）	（0.114 7）
Urb		0.912 5***	1.079 9***
		（0.348 6）	（0.344 3）
Agr		0.288 7***	0.301 5***
		（0.063 9）	（0.070 9）
Fin		−0.772 7*	−0.767 7
		（0.412 7）	（0.431 6）
Lif			0.006 5***
			（0.002 2）
Ai			0.019 1
			（0.227 4）
Ind			−0.180 3
			（0.491 0）
Dis			−0.054 3
			（0.057 5）
省份固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
观测值	390	390	390
R^2	0.902	0.918	0.918

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著；下同

本文通过纳入控制变量，引入固定效应模型，有效缓解了遗漏变量和个体固有特征带来的内生性问题，但仍可能存在双向因果导致的内生性问题。因此，采用滞后核心解释变量和工具变量法进行回归，进一步提升实证结果的准确性和可信度，具体检验结果如表 5 所示。

由表 5 列（1）可知，滞后一期的数字经济对农业绿色全要素生产率的回归系数仍然为正，且在 1% 水平上显著，表明滞后核心解释变量后，数字经济依然显著促进农业绿色全要素生产率提升。

为进一步处理潜在内生性问题，参考赵涛等（2020）的方法，用各省份在 1984 年的固定电话历

表 5　内生性检验结果

Table 5　Endogeneity test results

变量	（1）滞后一期	2SLS	
		（2）第一阶段	（3）第二阶段
L1. *DE*	0.497 5***		
	（0.129 5）		
DE			2.512***
			（0.607 9）
IT		0.149 1***	
		（0.029 5）	
控制变量	控制	控制	控制
不可识别检验			Kleibergen-Paap rk LM statistic = 16.085***
弱工具变量检验			Cragg-Donald Wald F statistic = 39.607***
观测值	360	390	390
R^2	0.919	0.458	0.666

史数据作为数字经济发展水平的工具变量，利用两阶段最小二乘法（2SLS）重新检验数字经济对农业绿色全要素生产率的影响。从相关性来看，当地历史的电信基础设施会影响以后的数字经济发展，是数字技术发展的基础，满足相关性要求；从排他性来看，固定电话等传统的基础设施与农业绿色全要素生产率的相关性较弱，满足外生性要求。固定电话历史数据的原始数据是截面数据，不能直接用于面板数据的计量回归中，本文引入随时间变化的变量来构造面板工具变量，构造上一年全国互联网用户数分别与 1984 年各省份每万人固定电话数量的交互项（*IT*），作为数字经济发展的工具变量。工具变量回归结果如表 5 列（2）—（3）所示。在第一阶段的回归中，工具变量对数字经济的系数在 1% 水平上显著为正，验证了工具变量的相关性；在第二阶段的回归中，数字经济系数仍在 1% 水平上显著为正，说明在有效处理内生性问题后，数字经济依然显著促进农业绿色全要素生产率提升。为进一步验证研究结论的稳健性，本文采用剔除直辖市和缩短样本时间窗口的方式进行稳健性检验，结果如表 6 所示。一方面，直辖市具备经济基础雄厚、数字基础设施完善、政策试点优先落地等独特优势，数字经济发展禀赋与普通省份存在明显差异，可能造成样本异质性干扰。因此，剔除直辖市样本后重新进行回归，结果如表 6 列（1）所示。剔除特殊样本后，数字经济系数依然在 1% 水平下显著为正，核心结论未发生变化。另一方面，2020 年新冠疫情爆发对全国经济运行、数字产业发展及农业生产体系造成阶段性外部冲击，为规避突发公共卫生事件对回归结果的干扰，将样本区间调整为 2011—2019 年进行重新估计，结果如表 6 列（2）所示。排除疫情影响后，数字经济依旧能够显著促进农业绿色全要素生产率提升。综上，本文的核心研究结论具有稳健性与可靠性。

表 6　稳健性检验结果

Table 6　Robustness test results

变量	（1）	（2）
DE	0.710 9***	0.365 8**
	（0.109 4）	（0.144 1）
控制变量	控制	控制
常数项	−0.871 8	0.064 4
	（0.321 1）	（0.305 0）
观测值	338	270
R^2	0.911	0.939

4　机制分析

前文理论分析部分已详细阐述数字经济赋能农业绿色全要素生产率的双重传导路径，即数字经济不仅对农业绿色全要素生产率存在直接促进作用，还可通过土地流转、数字普惠金融两条间接渠道形成赋能机制。为进一步验证理论分析的科学性与有

效性，本文依托中介效应模型实证检验两条传导路径的存在性。

4.1 土地流转

在农村土地集体所有制度的框架下，土地流转是实现农业经营主体转变和农业生产规模化的关键途径。为进一步揭示数字经济影响农业绿色全要素生产率的内在机制，将土地流转作为中介变量进行实证检验，回归结果如表 7 列（1）所示。数字经济对土地流转水平具有显著的促进作用，回归系数为 0.329 8，并在 1% 显著性水平下通过检验，表明数字经济的发展能够显著提升农村土地流转效率。具体而言，数字经济依托大数据、云计算等数字技术手段，有效提高了土地市场信息的透明度与传播效率，降低了供求双方在土地信息搜集、交易的时间与经济成本，从而缓解了农村土地市场的信息不对称问题，促进了土地资源在不同经营主体间的优化配置。从传导机制看，土地流转对农业绿色全要素生产率的提升主要体现在 3 个方面：1）土地流转有效整合细碎化农地资源，扩大经营规模、形成规模经济效应，推动土地资源向具有比较优势的经营主体集中，从而促进农业生产由要素投入驱动向效率提升驱动转变（史常亮，2024）；2）规模化土地经营模式能够为经营主体提供长期稳定的土地经营权预期（华坚等，2024），有效缓解短期经营投机行为，显著增强主体采纳绿色生产技术、开展绿色低碳生产的内生激励；3）土地流转有效释放农村剩余劳动力，推动农业劳动力向非农产业有序转移，提升农户非农收入水平，使农业经营主体具备更充足的资金投资于农业机械化与绿色技术应用，实现农业生产资本深化与技术进步。

表 7 中介效应检验结果

Table 7 Mediation effect test results

变量	（1）	（2）
	LT	DIF
DE	0.329 8***	0.664 1***
	（0.090 7）	（0.145 6）
控制变量	是	是
省份固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
观测值	390	390
R^2	0.928	0.997

综上，土地流转在数字经济对农业绿色全要素生产率的影响中发挥了中介效应，因此，H_2 得到验证。

4.2 数字普惠金融

为进一步完善数字经济赋能农业绿色发展的机制逻辑，识别金融要素的传导价值，将数字普惠金融纳入中介效应模型进行分析，结果如表 7 列（2）所示。数字经济对数字普惠金融的发展具有显著的促进作用，回归系数为 0.664 1，并在 1% 显著性水平下通过检验。数字经济能够通过完善金融科技基础设施与信息网络体系，推动数字普惠金融的普及与深化。数字普惠金融通过扩大信贷覆盖范围与提高金融可得性，为农业机械化、清洁能源利用及绿色技术应用提供了必要的资金支持（彭澎等，2021；孙学涛等，2022）。同时，数字经济赋能下的普惠金融体系具备更强的风险识别与控制能力，能有效提升农业经营主体的资金流动性与风险抵御能力，降低绿色技术投入与绿色生产的不确定性，加速绿色农业技术扩散与低碳生产模式普及。

综上，数字普惠金融在数字经济对农业绿色全要素生产率的影响机制中发挥了中介效应，因此，H_3 得到验证。

5 异质性分析

5.1 农业区位异质性

粮食产业在我国农业体系中具有基础性与战略性地位，是保障国家粮食安全与农业可持续发展的关键领域。2004 年，国家正式划定了 13 个粮食主产区，标志着农业生产布局由传统分散式小农经营向区域化集聚、规模化生产的现代化格局转变。2021 年粮食主产区粮食播种面积占农业播种面积的 75% 左右，粮食产量占全国产量的 78% 左右。但长期以来粮食增产依赖化肥的大量使用，导致粮食生产的碳排放量在农业中占比较高。因此，区分粮食生产功能区差异、探究数字经济对不同产区农业绿色效率的赋能效果，具有重要的现实意义。

本文根据国家《关于改革和完善农业综合开发若干政策措施的意见》中划分的粮食主产区和粮食非主产区，分别进行回归，结果如表 8 列（1）—（2）所示。数字经济对粮食主产区农业绿色全要素

生产率的影响系数依然显著为正，但对粮食非主产区的影响不显著，表明数字经济的农业绿色赋能效果存在明显的产区功能异质性。

粮食主产区作为国家农业政策的重点扶持区域，长期享受倾斜性财政扶持、产业政策与资源投入，农业社会化服务体系更为完善、农业机械化普及程度更高，为数字技术落地应用、规模化扩散奠定了扎实的产业基础（杨青等，2023）。同时，粮食主产区的数字基础设施布局更为完备，数字农业管理、精准种养、智能监测等数字化应用场景覆盖更广，能够充分释放数字技术的提质、增效、降碳价值（郭娜等，2025）。相较而言，粮食非主产区的政策扶持力度与资源投入强度相对较弱，农业机械化、社会化服务体系建设滞后，农业领域数字化投入不足，区域数字化发展重心多聚焦于二、三产业，最终导致数字经济对非主产区农业绿色全要素生产率的提升作用不显著。

5.2　区域异质性

黄河流域与长江流域在自然资源禀赋、生态环境约束、农业发展基础、政策导向等方面存在显著差异。因此，本文进一步将样本划分为黄河流域与长江流域 2 个区域开展分组回归，从自然地理与区域发展视角识别数字经济赋能农业绿色发展的空间异质性特征，回归结果如表 8 列（3）—（4）所示。

表 8　异质性分析结果

Table 8　Heterogeneity analysis results

变量	（1） 粮食主产区	（2） 粮食非主产区	（3） 黄河流域	（4） 长江流域
DE	0.836 7***	0.258 8	1.429 5**	1.528 3***
	（0.349 0）	（0.115 7）	（0.551 4）	（0.405 6）
控制变量	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
观测值	169	221	117	130
R^2	0.899	0.909	0.944	0.923

回归结果显示，数字经济对黄河流域和长江流域农业绿色全要素生产率均具有显著的促进作用，但其边际影响在长江流域更为突出，且估计结果稳健性更强。这一差异主要源于两大流域在数字基础条件和要素禀赋方面的不同：长江流域数字基础设施较为完善，农业经营主体数字化水平高，且毗邻发达城市群，人才回流较为明显，高素质劳动力能够更有效地运用数字农业技术，将数字红利转化为农业绿色产出；相比之下，黄河流域，尤其是上、中游地区，仍处于农业数字化建设的爬坡阶段，受制于数字基础薄弱和数字鸿沟效应，数字经济对农业绿色全要素生产率的促进作用相对有限。

6　结论与建议

推进数字经济发展对促进我国农业高质量发展具有重要意义，是提高农业绿色全要素生产率的重要举措。《“十四五”数字经济发展规划》明确指出，要以数据资源为关键生产要素，以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力，持续赋能实体经济转型升级。在此背景下，本文结合数字经济发展特征和当前我国农业发展面临的问题，从土地流转和数字普惠金融两个视角对农业绿色全要素生产率进行研究。利用 2011—2023 年全国 30 个省份的面板数据，实证分析数字经济对农业绿色全要素生产率提高的影响及其作用机制，得出以下 3 条主要结论。

1）数字经济发展能显著促进农业绿色全要素生产率的提高。

2）数字经济能通过土地流转、数字普惠金融双重中介路径间接赋能农业绿色发展。数字经济能有效降低土地流转交易成本，规范交易机制，优化农地与劳动力要素配置；数字普惠金融能够缓解农业经营主体融资约束，为绿色技术引进、智能设备

升级、清洁生产改造提供稳定资金支持。

3）受农业生产条件和数字经济发展水平差异的影响，数字经济在粮食主产区对农业绿色全要素生产率提高的促进作用比粮食非主产区明显。数字经济对长江流域、黄河流域农业绿色发展均存在正向促进作用，但长江流域的赋能边际效应更为突出。

基于以上研究结论，提出如下 3 点政策建议。

1）推动乡村数字经济发展，加强数字经济基础设施建设。在经济高质量发展的指引下，以新基建为契机，加大对农村地区数字基础设施的投资，特别是加快 5G 网络、物联网、大数据平台的覆盖与建设，补齐农村数字基建不均衡、不完善的发展短板。优化农业供应链、生产链和产业链，打造集生产、加工和销售于一体的农业数字化平台，精准匹配消费者需求和农户供给。重视农业生产数据存储与整理，鼓励农户和农业企业应用数字技术，如精准灌溉、无人机植保、智能施肥、物联网监控，提升农业生产效率和资源利用效率。

2）区域协同发展，共享发展经验。我国不同区域数字经济和农业发展水平不同，发挥发达地区的辐射带动作用，助力黄河流域、中西部地区补齐数字农业发展短板。推进跨区域数字乡村建设经验分享，建立数字农业示范区，推广成功案例和经验，加快绿色数字技术的扩散与应用。引导欠发达地区借鉴先进地区精准种养、节水节肥、数字减排等技术经验，倒逼传统粗放农业生产模式转型升级，实现农业增效与生态护绿双向共赢。

3）深化数字普惠金融创新，强化绿色金融支撑功能。鼓励金融机构与互联网平台深度合作，开发适合农业绿色发展的数字化信贷、保险与投资产品，扩大农村金融服务的覆盖面。完善数字信用评估体系和风险补偿机制，推动农业保险数字化转型，为农户采用绿色技术和环保设备提供资金支持和风险保障。

参考文献

柏培文，张云，2021. 数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益[J]. 经济研究，56(5)：91-108.〔Bai Peiwen, Zhang Yun, 2021. Digital economy, declining demographic dividends and the rights and interests of low- and medium-skilled labor[J]. Economic Research Journal, 56(5): 91-108.〕

蔡跃洲，马文君，2021. 数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J]. 新华文摘(13)：52-57.

戴翔，杨双至，2022. 数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J]. 中国工业经济(9)：83-101.〔Dai Xiang, Yang Shuangzhi, 2022. Digital empowerment, sources of digital input and green manufacturing[J]. China Industrial Economics(9): 83-101.〕

杜建军，章友德，刘博敏，等，2023. 数字乡村对农业绿色全要素生产率的影响及其作用机制[J]. 中国人口·资源与环境，33(2)：165-175.〔Du Jianjun, Zhang Youde, Liu Bomin, et al., 2023. Impact of digital village construction on agricultural green total factor productivity and its mechanisms[J]. China Population, Resources and Environment, 33(2): 165-175.〕

方芳，张立杰，赵军，2024. 制度组态视角下提升农业绿色全要素生产率的多元路径探析：基于动态 QCA 的面板数据分析[J]. 中国农村经济(2)：44-66.〔Fang Fang, Zhang Lijie, Zhao Jun, 2024. Multiple paths of agricultural green total factor productivity improvement from the perspective of institutional grouping: A panel data analysis based on dynamic QCA[J]. Chinese Rural Economy (2): 44-66.〕

盖庆恩，李承政，张无坷，等，2023. 从小农户经营到规模经营：土地流转与农业生产效率[J]. 经济研究，58(5)：135-152.〔Gai Qing'en, Li Chengzheng, Zhang Wuke, et al., 2023. From small holder farming to large scale operation: Land transfer and agricultural production efficiency[J]. Economic Research Journal, 58(5): 135-152.〕

郭峰，王靖一，王芳，等，2020. 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)，19(4)：1401-1418.〔Guo Feng, Wang Jingyi, Wang Fang, et al., 2020. Measuring China's digital financial inclusion: Index compilation and spatial characteristics[J]. China Economic Quarterly, 19(4): 1401-1418.〕

郭海红，2024. 数字乡村建设、资源要素错配与农业绿色全要素生产率[J]. 中国地质大学学报（社会科学版），24（1）：102-116.〔Guo Haihong, 2024. Digital rural construction, misallocation of resource elements, and agricultural green total factor productivity[J]. Journal of China University of Geosciences (Social Sciences Edition), 24(1): 102-116.〕

郭家堂，骆品亮，2016. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗？[J]. 管理世界(10)：34-49.〔Guo Jiatang, Luo Pinliang, 2016. Does the internet promote China's total factor productivity? [J]. Journal of Management World (10): 34-49.〕

郭娜，吕腾旭，宗昊龙，2025. 农业数字化对农业经济韧性的影响[J]. 中国生态农业学报，33(1)：178-189.〔Guo Na, Lü Tengxu, Zong Haolong, 2025. Impact of agricultural digitization on the economic resilience of agriculture[J]. Chinese Journal of EcoAgriculture, 33(1): 178-189.〕

胡晓清，2025. 数字金融对农业碳排放效率的影响研究[J]. 数学的实践与认识(9)：272-288.〔Hu Xiaoqing, 2025. Research on the impact of digital finance on agricultural carbon emission efficiency[J]. Mathematics in Practice and Theory(9): 272-288.〕

华坚，杨梦依，曹慧敏，2024. 粮食主产区的新型城镇化与粮食安全：基于土地规模化经营中介效应检验[J]. 资源与产业，26

(1)：50-60.〔Hua Jian, Yang Mengyi, Cao Huimin, 2024. New type urbanization and food security in major grain producing areas: A test based on the mediating effect of large scale land operation[J]. Resources & Industries, 26(1): 50-60.〕

贾利军，陈恒烜，2021. 数字技术助力中国技术赶超：理论逻辑与政策取向[J]. 政治经济学评论，12(6)：135-157.〔Jia Lijun, Chen Hengxuan, 2021. Digital technology contributes to China's technological catchup: Theoretical logic and policy orientation[J]. China Review of Political Economy, 12(6): 135-157.〕

江艇，2022. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济(5)：100-120.〔Jiang Ting, 2022. Mediating effects and moderating effects in empirical causal inference[J]. China Industrial Economics(5): 100-120.〕

金芳，金荣学，2020. 农业产业结构变迁对绿色全要素生产率增长的空间效应分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版)(1)：124-134，168-169.〔Jin Fang, Jin Rongxue, 2020. Spatial effect analysis of agricultural industrial structure change on the growth of green total factor productivity[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)(1): 124-134, 168-169.〕

金绍荣，任赞杰，2022. 乡村数字化对农业绿色全要素生产率的影响[J]. 改革(12)：102-118.〔Jin Shaorong, Ren Zanjie, 2022. The impact of rural digitalization on agricultural green total factor productivity[J]. Reform(12): 102-118.〕

孔令英，董依婷，赵贤，2023. 数字经济、资源错配与经济高质量发展：基于 261 个城市数据的实证分析[J]. 中国科技论坛(5)：123-133.〔Kong Lingying, Dong Yiting, Zhao Xian, 2023. Digital economy, resource mismatch and high quality economic development: Empirical analysis based on data from 261 cities in China[J]. Forum on Science and Technology in China(5): 123-133.〕

李波，张俊飚，李海鹏，2011. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J]. 中国人口·资源与环境，21(8)：80-86.〔Li Bo, Zhang Junbiao, Li Haipeng, 2011. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China[J]. China Population, Resources and Environment, 21(8): 80-86.〕

李玲，陶锋，2012. 中国制造业最优环境规制强度的选择：基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济(5)：70-82.〔Li Ling, Tao Feng, 2012. Selection of optimal environmental regulation intensity for Chinese manufacturing industry: Based on the green TFP perspective[J]. China Industrial Economics (5): 70-82.〕

刘守英，郑旭媛，刘承芳，2024. 数字经济背景下的乡村交易和产业转型[J]. 中国农村经济(6)：2-24.〔Liu Shouying, Zheng Xuyuan, Liu Chengfang, 2024. Rural transactions and industrial transformation under the background of digital economy[J]. Chinese Rural Economy(6): 2-24.〕

刘亦文，欧阳莹，蔡宏宇，2021. 中国农业绿色全要素生产率测度及时空演化特征研究[J]. 数量经济技术经济研究，38(5)：39-56.〔Liu Yiwen, Ouyang Ying, Cai Hongyu, 2021. Measurement of China's agricultural green total factor productivity and its spatiotemporal evolution characteristics[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 38(5): 39-56.〕

卢京宇，郭俊华，李振华，2025. 数字经济与农业绿色增长：基于投入产出结构与技术赋能视角[J]. 统计与决策，41(3)：24-29.〔Lu Jingyu, Guo Junhua, Li Zhenhua, 2025. Digital economy and agricultural green growth: From the perspective of input output structure and technology empowerment[J]. Statistics & Decision, 41(3): 24-29.〕

罗明忠，黄晓彤，2018. 农地确权会提高农地流转契约的稳定性吗？[J]. 农业现代化研究，39(4)：617-625.〔Luo Mingzhong, Huang Xiaotong, 2018. Will farmland registration and certification increase the stability of farmland circulation contracts? [J]. Research of Agricultural Modernization, 39(4): 617-625.〕

彭澎，徐志刚，2021. 数字普惠金融能降低农户的脆弱性吗？[J]. 经济评论(1)：82-95.〔Peng Peng, Xu Zhigang, 2021. Can digital inclusive finance reduce the vulnerability of peasant households? [J]. Economic Review(1): 82-95.〕

史常亮，2024. 土地流转对农业高质量发展的影响：基于绿色全要素生产率视角[J]. 自然资源学报，39(6)：1418-1433.〔Shi Changliang, 2024. Impact of land transfer on high quality agricultural development: Analysis based on the green TFP perspective[J]. Journal of Natural Resources, 39(6): 1418-1433.〕

孙淑惠，刘传明，陈晓楠，2023. 数字乡村、网络溢出和农业绿色全要素生产率[J]. 中国农业资源与区划，44(9)：45-59.〔Sun Shuhui, Liu Chuanming, Chen Xiaonan, 2023. Digital village, network spillover and agricultural green total factor productivity[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 44(9): 45-59.〕

孙伟增，毛宁，兰峰，等，2023. 政策赋能、数字生态与企业数字化转型：基于国家大数据综合试验区的准自然实验[J]. 中国工业经济(9)：117-135.〔Sun Weizeng, Mao Ning, Lan Feng, et al., 2023. Policy empowerment, digital ecosystem and corporate digital transformation: A quasinatural experiment based on national big data comprehensive pilot zones[J]. China Industrial Economics (9): 117-135.〕

孙学涛，于婷，于法稳，2022. 数字普惠金融对农业机械化的影响：来自中国 1869 个县域的证据[J]. 中国农村经济(2)：76-93.〔Sun Xuetao, Yu Ting, Yu Fawen, 2022. The impact of digital inclusive finance on agricultural mechanization: Evidence from 1869 counties in China[J]. Chinese Rural Economy(2): 76-93.〕

唐要家，王钰，唐春晖，2022. 数字经济、市场结构与创新绩效[J]. 中国工业经济(10)：62-80.〔Tang Yaojia, Wang Yu, Tang Chunhui, 2022. Digital economy, market structure and innovation performance[J]. China Industrial Economics(10): 62-80.〕

王宝义，2016. 中国农业碳排放的结构特征及时空差异研究[J]. 调研世界(9)：3-10.〔Wang Baoyi, 2016. Research on structural characteristics and spatiotemporal differences of agricultural carbon emissions in China[J]. The World of Survey and Research(9): 3-10.〕

王璐，杨汝岱，吴比，2020. 中国农户农业生产全要素生产率研究[J]. 管理世界，36(12)：77-93.〔Wang Lu，Yang Rudai，Wu Bi，2020. A study on total factor productivity of agricultural production of rural households in China[J]. Management World，36(12)：77-93.〕

杨军，孙杰刚，2024. 数字经济对农业绿色全要素生产率的影响研究[J]. 东岳论丛，45(11)：139-148.〔Yang Jun，Sun Jiegang，2024. Research on the impact of digital economy on agricultural green total factor productivity[J]. Dongyue Tribune，45(11)：139-148.〕

杨青，贾杰斐，刘进，等，2023. 农机购置补贴何以影响粮食综合生产能力?：基于农机社会化服务的视角[J]. 管理世界，39(12)：106-123.〔Yang Qing，Jia Jiefei，Liu Jin，et al.，2023. How does the subsidy to the purchase of agricultural machinery affect the overall grain production capacity?：Based on the perspective of socialization services of agricultural machinery[J]. Journal of Management World，39(12)：106-123.〕

曾钦友，张璇，2022. 数字金融对农业绿色全要素生产率的门槛效应研究：基于农业产业集聚视角[J]. 区域金融研究(7)：77-83.〔Zeng Qinyou，Zhang Xuan，2022. Research on the threshold effect of digital finance on agricultural green total factor productivity：Based on the perspective of agricultural industrial agglomeration[J]. Journal of Regional Financial Research(7)：77-83.〕

张林，温涛，2022. 数字普惠金融如何影响农村产业融合发展?[J]. 中国农村经济(7)：59-80.〔Zhang Lin，Wen Tao，2022. How does digital inclusive finance affect the integrated development of rural industries?[J]. Chinese Rural Economy(7)：59-80.〕

张桅，胡艳，2020. 长三角地区创新型人力资本对绿色全要素生产率的影响：基于空间杜宾模型的实证分析[J]. 中国人口·资源与环境，30(9)：106-120.〔Zhang Wei，Hu Yan，2020. The effect of innovative human capital on green total factor productivity in the Yangtze River delta：An empirical analysis based on the spatial Durbin model[J]. China Population，Resources and Environment，30(9)：106-120.〕

张永奇，单德朋，2024. 县域数字经济、农业社会化服务与小农户受益：基于宏微观数据的经验考察[J]. 上海财经大学学报，26(1)：94-107.〔Zhang Yongqi，Shan Depeng，2024. County digital economy，agricultural socialized services，and benefits for small farmers：Based on macro and micro data[J]. Journal of Shanghai University of Finance and Economics，26(1)：94-107.〕

张蕴萍，栾菁，2022. 数字经济赋能乡村振兴：理论机制、制约因素与推进路径[J]. 改革(5)：79-89.〔Zhang Yunping，Luan Jing，2022. Digital economy empowering rural revitalization：Theoretical mechanism，restrictive factors and implementation paths[J]. Reform(5)：79-89.〕

赵涛，张智，梁上坤，2020. 数字经济、创业活跃度与高质量发展：来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界，36(10)：65-76.〔Zhao Tao，Zhang Zhi，Liang Shangkun，2020. Digital economy，entrepreneurship，and highquality economic development：Empirical evidence from urban China[J]. Journal of Management World，36(10)：65-76.〕

郑静丹，贯君，刘旭，2025. 农业经营规模对农业净碳汇的影响研究：基于中介效应和门槛效应的检验[J]. 资源与产业，27(6)：72-82.〔Zheng Jingdan，Guan Jun，Liu Xu，2025. Impacts of agricultural operating scales on agricultural net carbon sinking based on mediation and threshold effects[J]. Resources & Industries，27(6)：72-82.〕

朱诗娥，杨汝岱，王璐，等，2024. 中国农村土地流转与农业生产模式变迁[J]. 管理世界，40(1)：76-90.〔Zhu Shi'e，Yang Rudai，Wang Lu，et al.，2024. Rural land transfer and the transformation of agricultural production patterns in China[J]. Journal of Management World，40(1)：76-90.〕