

协同配置：数据要素赋能农业现代化的效应及机制

谢景伟^{1a,2}, 郭丽君^{1b}

(1.湖南农业大学 a.经济学院; b.教育学院/湖南乡村振兴战略研究院, 湖南 长沙 410128;
2.湖南大众传媒职业技术学院, 湖南 长沙 410100)

摘要: 本文基于2011—2023年中国31个省域面板数据, 聚焦要素协同配置视角, 实证检验数据要素赋能农业现代化的效应及机制。结果表明: 数据要素能够显著促进农业现代化, 尤其对投入现代化、产出现代化和社会现代化的驱动作用显著, 但对生态现代化呈现短期微弱负向效应。从协同机制看, 数据要素能引导资本精准配置和缓解经营主体融资约束, 提升劳动者数字技能和加速技术采纳, 与资本要素和劳动力要素形成正向协同; 但受土地细碎化经营、流转数字化不足等制约, 对土地要素呈现负向影响。异质性分析显示, 数据要素赋能效应存在区域差异: 东部地区绝对驱动作用突出, 而中西部和东北地区因农业基础薄弱, “追赶效应”更为显著; 低农业现代化地区数据要素边际效应更高, 高数字基础设施地区数据价值释放更充分。

关键词: 数据要素; 农业现代化; 传统要素; 协同配置

中图分类号: F49; F323

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2026)02-0030-12

Synergistic allocation: The effects and mechanisms of data factors empowering agricultural modernization

XIE Jingwei^{1a,2}, GUO Lijun^{1b}

(1.a. School of Economics, b. College of Education, Hunan Agricultural University/ Hunan Rural Revitalization Strategy Research Institute, Changsha 410128, China; 2.Hunan Mass Media Vocational & Technical College, Changsha 410100, China)

Abstract: Based on panel data from 31 provincial-level regions in China from 2011 to 2023, the effects and mechanisms of data factors empowering agricultural modernization have been empirically examined from the perspective of factor synergistic allocation. The results show that data factors can significantly promote agricultural modernization, particularly exerting a prominent driving effect on input modernization, output modernization and social modernization. But they exhibit a weak short-term negative effect on ecological modernization. From the perspective of the synergistic mechanism, data factors can guide the precise allocation of capital, alleviate the financing constraints of operating entities, improve the digital skills of laborers and accelerate technology adoption, forming positive synergy with capital factors and labor factors. However, restricted by fragmented land operation and insufficient digitalization of land transfer, data factors exert a negative impact on land factors. Heterogeneity analysis reveals regional differences in the empowering effect of data factors: the absolute driving effect is prominent in the eastern region, while the “catch-up effect” is more significant in the central, western regions and the northeast region due to their weak agricultural foundation; the marginal effect of data factors is higher in regions with low agricultural modernization whereas the value of data is more fully realized in regions with high digital infrastructure.

Keywords: data factors; agricultural modernization; traditional factors; synergistic allocation

一、问题的提出

农业现代化是夯实乡村振兴根基、建设农业强国的核心支撑, 其高质量推进直接关系到我国粮食安全与城乡协调发展大局。习近平总书记指出, 要把握数字化、网络化、智能化方向, 推动农业等产

收稿日期: 2025-09-02

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(2025JJ80308)

作者简介: 谢景伟(1978—), 男, 湖南长沙人, 湖南农业大学博士研究生, 湖南大众传媒职业技术学院教授, 主要研究方向为农业理论与政策、职业教育。

业数字化转型。党的二十大报告明确提出“加快建设农业强国”“促进数据要素与实体经济深度融合”。自2018年起，中央一号文件连续部署数字农业发展，《数字乡村发展战略纲要》《数字农业农村发展规划（2019—2025年）》相继出台，2024年国家数据局等17部委联合印发的《“数据要素×”三年行动计划（2024—2026年）》更将现代农业纳入重点领域，为数据要素驱动农业发展注入新的制度动能。随着智慧农业技术普及、农业大数据平台建设推进及数字普惠金融深化，数据要素已从辅助性技术工具升级为重构农业生产函数的核心力量，深刻影响着农业生产效率的提升、经营模式的创新与产业链的延伸^[1,2]。

从实践层面看，当前农业现代化推进中，数据要素与传统要素之间的融合不畅问题较为突出。具体表现在：一方面，农村数字基础设施建设取得显著进展，农村光缆线路、5G基站覆盖率持续提升，农业大数据平台、电商服务站等硬件载体逐步铺开，为数据要素流通奠定了基础；另一方面，基础设施的“建成”与“用好”存在脱节，小农户的数据获取与应用能力有限，新型经营主体的数字化转型深度不足，导致数据要素难以与土地的规模化经营、劳动力的技能提升、资本的精准投入有效结合，制约了农业现代化的质效提升^[3]。《中国数字乡村发展报告（2024年）》指出，我国小农户对数字工具的实际应用深度不足，仅少数新型农业经营主体建立了覆盖生产全过程的数字化管理系统，数据要素与传统生产要素的融合存在明显“最后一公里”障碍。在土地方面，受耕地条块化分割、小区域气候差异显著等影响，数据监测设备铺设成本高、共享难度大，制约了规模化数据应用落地；在劳动力方面，农村居民数字素养整体偏低，数字技能不足，导致智能设备操作、生产数据解读等能力薄弱，难以适配数字化生产需求；在资本方面，农村尤其偏远地区数字基础设施建设面临融资难、投资回报率低等问题，市场主体参与农业数字项目的积极性受限，导致智慧装备普及、数据平台建设等进展缓慢，数据要素价值释放受阻。在此背景下，厘清数据要素与土地、劳动力、资本等传统要素的协同机理，揭示二者交互作用的协同效应，成为破解农业现代化“要素错配”困境、释放“数字红利”的关键。

现有对农业现代化的研究，已形成三类核心成果：一是农业现代化评价体系的构建。该领域研究具有鲜明的阶段性特征，评价维度随农业发展内涵拓展不断丰富：初期聚焦农业生产条件、机械设备使用与产出效率等核心维度构建指标体系；随着农业多功能属性凸显，逐渐纳入农业科技、产业化经营、生态环境等内容，形成涵盖农业投入、产出、农村社会与可持续性的多维框架；新时期结合乡村振兴与信息化建设，进一步将农业信息化水平、农村社会发展状况等纳入评价范畴。学者们基于上述维度，采用熵值法、主成分分析法等量化方法对国家、区域及省域层面的农业现代化发展水平开展评价，揭示了其时空演变特征与发展不平衡的现实^[4,5]。二是数字要素驱动机制的探讨。已有研究表明，数据要素往往通过提升全要素生产率^[6]、优化供应链管理^[7]、推动产业融合等路径赋能农业现代化^[8]，且该驱动作用存在显著空间溢出效应。三是要素协同效应的研究。现有成果关注普惠金融与农业技术创新的协同^[9]、劳动力质量与土地规模化的互动^[10]，但大多仅聚焦传统要素，对数据要素与传统要素之间的协同机制研究相对薄弱。

尽管已有研究在农业现代化评价体系构建、数字要素驱动路径探索及传统要素协同效应分析等方面积累了丰富成果，但仍存在三方面研究不足：一是数据要素的独立影响未得到充分检验。数据要素是数据转化为生产力的核心驱动因素，已有研究多将数据要素视为技术工具，未系统检验其对农业现代化多维度（如“投入—产出—社会—生态”）的差异化影响，尤其缺乏对生态现代化短期效应的分析。二是要素协同机制分析存在片面性。现有研究多强调数据要素的整体效应^[2]，但未深入剖析数据要素在土地流转效率、劳动力技能提升、资本精准配置上的协同效应，难以解释数据要素如何放大传统要素的配置价值。三是区域异质性特征揭示不足。尽管有研究证实数据要素影响在东、中、西部存在差异^[11]，但未明确阐述不同区域中数据要素与传统要素协同的差异化规律，难以为区域精准施策提供理论依据。

基于此，本文拟以2011—2023年全国31个省域面板数据为样本，聚焦“数据要素与传统要素协同配置”视角，重点解答以下问题：数据要素如何直

接影响农业现代化发展?数据要素与土地、劳动力、资本要素的交互是否产生协同效应?这一效应在不同地区是否存在异质性?通过解答上述问题,本文力求为推动数据与传统要素深度融合、加快农业现代化进程提供理论依据与实践参考。

二、理论分析及研究假说

(一) 数据要素对农业现代化的直接赋能效应

数据要素作为农户、合作社、农业企业等农业经营主体获取、解读与应用农业数据的关键载体,成为释放农业生产要素潜力、提升农产品品质、推动农业现代化的重要驱动力。其核心功能体现为深度融合物联网、卫星遥感、大数据等现代信息技术,通过全链条决策优化与资源配置革新,重塑农业生产函数的投入产出关系^[12]。在农业生产环节,数据要素支撑经营主体依托物联网传感器、卫星遥感等技术建立“环境—作物—生产”动态监测体系,实时捕捉土壤墒情、作物生长态势及气象变化数据,实现灌溉量、施肥量、病虫害防控时机的精准化决策,从源头降低单位产出的资源消耗,提升生产要素的配置效率^[13]。在经营管理环节,数据要素支持经营主体依托农业大数据平台与电商渠道,打通生产端到消费端的信息链路,帮助主体动态追踪市场需求变化、价格波动规律及消费者偏好特征,据此调整种植结构、优化销售策略,减少传统农业中“盲种盲销”导致的产销错配问题,推动农产品优质率与销售利润率双提升^[14]。

从农业现代化的多维度看,数据要素的直接赋能呈现差异化特征。在投入现代化维度,数据驱动的智能装备应用与精准化管理直接提升农机利用效率、电力资源使用效能及农业信息化渗透水平;在产出现代化维度,数据要素支撑下的市场导向型生产调整与技术采纳,通过农业大数据平台精准捕捉市场需求、价格波动及消费者偏好数据,引导经营主体优化种植结构、推广优质品种,显著提高单位面积产值与粮食单产,同时推动农村产业形态向农产品加工、休闲农业等多元化方向延伸;在社会现代化维度,数据要素通过农产品溯源体系、电商销售网络等拓宽农户增收渠道,缩小城乡信息鸿沟,促进城乡要素双向流动^[15]。值得注意的是,数据要素对生态现代化的影响存在短期矛盾:理论

上,其可通过监测农业面源污染、废弃物处理数据支撑绿色生产技术采纳,但实践中数字基础设施建设的能耗增加、生态效益显现的时滞性等问题,可能导致短期呈现微弱负向效应^[16]。基于上述分析,本文提出假说:

H₁: 数据要素能够促进农业现代化,且能够促进农业投入现代化、产出现代化、社会现代化和生态现代化。

(二) 数据要素与传统要素的协同赋能机制

农业信贷、技术投资等资本要素的精准配置是农业现代化的重要支撑^[17]。然而,在传统农业生产中普遍存在信息不对称导致的资本错配问题,如农户融资难、资本投入效率低等^[18]。数据要素则能够通过两条主要路径与资本要素形成协同效应:一方面,数据要素可以帮助金融机构通过经营主体的生产记录、销售流水等数据构建信用画像,降低信贷评估成本,促进信贷,从而缓解经营主体的融资约束^[19];另一方面,数据要素帮助主体利用市场数据与技术回报数据筛选高效农业项目,如智慧农业、绿色种植等,引导资本流向高生产率领域,提高资本使用效率^[20]。这种“数据+资本”的协同模式,能够放大资本要素对农业现代化的驱动作用,例如通过数字信贷支持智能农机购置实现投入现代化,通过绿色金融引导有机肥使用实现生态现代化^[21]。基于以上分析,本文提出以下假说:

H₂: 数据要素与资本要素存在正向协同效应,即数据要素水平越高,资本要素对农业现代化的正向影响越强。

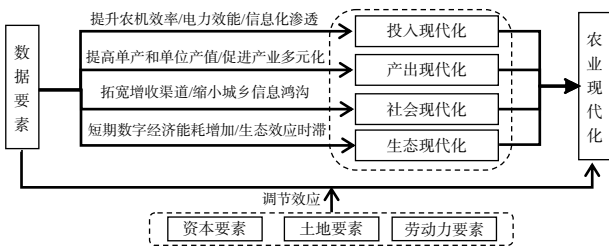
土地要素的规模化、精准化利用是农业现代化的基础,但小农经济存在的土地细碎化经营、流转效率低等问题,严重制约其生产潜力释放^[22]。数据要素理论上可通过三类路径与土地要素形成深度协同:一是依托土地确权数据平台、土壤质量数据库精准匹配土地供需,推动土地向高效经营主体集中,为规模化经营奠定基础^[23];二是借助遥感监测、物联网感知等技术,动态捕捉土壤肥力、作物生长等关键数据,优化种植结构与轮作方案,如通过测土配方施肥技术减少资源浪费,提升单位土地产出效率^[24];三是通过数字化手段规范土地流转合同管理、整合经营过程数据,降低供需双方信息不对称带来的交易成本,稳定经营主体预期^[25]。但在实践

场景中，小农户地块分散导致数据监测设备铺设成本高、跨地块数据共享难度大，加之土地流转数字化管理体系不完善，使得数据要素难以充分发挥资源整合作用，进而削弱二者协同效能。基于以上分析，本文提出以下假设：

H₃：数据要素与土地要素存在协同效应，但其影响受土地经营规模与流转数字化水平制约。

农业劳动者的技能水平、决策能力是农业现代化的核心保障，而老龄化、技能不足等现实问题，构成了现代化进程的关键约束^[26]。数据要素可通过推动传统农民向数字农民转型，与劳动力要素形成正向协同：一是通过智能农机操作培训、生产数据解读指导等，提升农民数字技能适配性，使其能够熟练运用数字化工具开展生产作业，直接提高劳动生产率^[27]；二是依托在线培训平台整合农业技术、市场动态等优质资源，帮助农民优化技能结构，精准匹配现代化生产对复合型能力的需求^[28]；三是通过生态监测数据可视化、绿色生产案例数字化传播等，增强农民对绿色生产理念的认知，推动生物农药施用、秸秆还田等环境友好型技术采纳，实现农户增收与农业污染减排的双重目标，促进社会现代化与生态现代化协同推进^[29]。这种“数据+劳动力”的协同模式，能够有效缓解农村劳动力质量低的制约。基于以上分析，本文提出以下假设：

H₄：数据要素与劳动力要素存在正向协同效应，即数据要素水平越高，劳动力要素对农业现代化的正向影响越强。



三、数据来源、变量说明与模型设定

(一) 模型设定

1. 基准回归模型

为检验数据要素对农业现代化的影响，本文构建以下基准模型：

$$AM_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{it} + \alpha_2 Controls_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， i 代表省域单元； t 代表年份； AM_{it} 表示省域单元 i 在 t 年的农业现代化水平； DF_{it} 表示省域单元 i 在 t 年的数据要素水平； $Controls_{it}$ 表示控制变量集合； μ_i 为省份固定效应， θ_t 为时间固定效应， ε_{it} 为随机扰动项， α_0 为常数项， α_1 为待估系数。

2. 调节效应模型

为进一步分析数据要素对农业现代化的影响机制，基于前述理论分析，本文选取资本、土地、劳动力等传统要素扭曲度作为调节变量，并将其交互项纳入基准回归模型，检验传统要素配置在该影响机制中的调节效应。具体模型如下：

$$AM_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{it} + \alpha_2 CMD_{it} + \alpha_3 DF_{it} \times CMD_{it} + \alpha_4 Controls_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$AM_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{it} + \alpha_2 LMD_{it} + \alpha_3 DF_{it} \times LMD_{it} + \alpha_4 Controls_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$AM_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DF_{it} + \alpha_2 LbMD_{it} + \alpha_3 DF_{it} \times LbMD_{it} + \alpha_4 Controls_{it} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(2)中， $DF_{it} \times CMD_{it}$ 为数据要素水平与资本要素配置扭曲度的交互项；式(3)中 $DF_{it} \times LMD_{it}$ 为数据要素水平与土地要素配置扭曲度的交互项；式(4)中 $DF_{it} \times LbMD_{it}$ 为数据要素水平与劳动力要素配置扭曲度的交互项。

(二) 变量定义

1. 被解释变量

被解释变量为农业现代化水平(AM)。根据《“十四五”推进农业农村现代化规划》《数字农业农村发展规划(2021—2025年)》等政策性文件，结合农业现代化“投入—产出—社会—生态”协同发展的核心内涵，参考汪昊等^[30]和石志恒等^[31]的多维评价性研究，本文从投入现代化、产出现代化、社会现代化、生态现代化四个维度构建指标体系。其中，投入现代化聚焦生产要素质量提升，包含农业单位面积机械总动力、农村人均用电量、农业气象观测业务站点数和农业信息化水平；产出现代化侧重生产效率与品质优化，涵盖农业单位面积产值、粮食单位面积产量、农村产业多元化和第一产业占比；社会现代化关注农户收益与城乡协同，纳入城镇化率、农村居民生活水平、城乡居民收入差距和农村移动电话普及水平；生态现代化强调可持续发展，包含农业GDP能耗、农药施用强度、化肥使用强度和农业成灾程度。最终采用熵值法对16个

二级指标进行加权测算后得到综合指数,以衡量农业现代化水平。

农业现代化指标体系依托“生产基础—效率结果—民生价值—可持续性”的核心逻辑构建,子指标的功能定位与内在关联均有明确的理论内涵、政策导向及实证支撑。从农业现代化维度看,投入现代化以农业单位面积机械总动力、农业信息化水平为核心,前者反映数据驱动的智能装备渗透程度,后者体现小农户数据工具可及性,二者共同构成数据要素作用于农业生产的工具入口;产出现代化聚焦农业单位面积产值、农村产业多元化,前者是数

据优化种植结构、减少盲种盲销的效率结果,后者体现数据驱动的业态延伸,二者是数据价值转化为经济收益的关键表征;社会现代化以农村居民生活水平、城乡居民收入差距为核心,直接反映数据工具的增收效果以及对城乡信息鸿沟的缓解成效,符合数据促进城乡要素双向流动的理论预期;生态现代化则以农药施用强度、化肥使用强度为关键,虽短期因数字基础设施能耗呈现微弱负向效应,但长期可通过数据精准监测成为绿色生产的核心载体。具体衡量方式见表1。

表1 农业现代化指标体系

一级指标	二级指标	指标具体定义	属性
投入现代化	农业单位面积机械总动力	农业机械总动力/农作物总播种面积	+
	农村人均用电量	农村用电量/乡村人口	+
	农业气象观测业务站点数	农业气象观测业务站点个数	+
产出现代化	农业信息化水平	农村居民平均每百户年末计算机拥有量	+
	农业单位面积产值	农业总产值/农作物总播种面积	+
	粮食单位面积产量	粮食总产值/粮食总播种面积	+
	农村产业多元化	农林牧渔专业及辅助性活动产值/农林牧渔业总产值	+
社会现代化	第一产业占比	第一产业增加值/地区生产总值	+
	城镇化率	城镇人口/年末常住人口	+
	农村居民生活水平	农村居民人均可支配收入	+
	城乡居民收入差距	城镇居民人均可支配收入/农村居民人均可支配收入	-
生态现代化	农村移动电话普及水平	农村居民平均每百户年末移动电话拥有量	+
	农业GDP能耗	农村用电量/第一产业增加值	+
	农药施用强度	农药使用量/农作物总播种面积	-
	化肥使用强度	农用化肥施用折纯量/农作物总播种面积	-
	农业成灾程度	农作物成灾面积/农作物总播种面积	-

2. 解释变量

核心解释变量是数据要素水平(DF)。结合《数据要素市场发展指数报告(2024)》以及农业数据特性,本文认为数据要素水平的本质是数据要素在农业领域的流动、配置与价值转化能力。因此,从以下四个维度构建数据要素指标体系,并通过熵值法测算:一是数据传播共享,反映农业数据的流通与扩散能力,包含农业网站数、农村移动电话普及水平、农村互联网用户数、农业信息短信服务量和IPv4涉农地址数;二是数据应用环境,衡量数据要素发挥作用的硬件与政策基础,包含农村光缆线路长度、农村电商服务站数量、农业信息化财政支出、乡村广播/电视覆盖率和农村计算机普及水平;三是数据要素管理,体现数据要素的治理与创新支撑能力,包含农业技术培训人数、涉农技术市场成交额、

农业信息从业人员数、农业研发经费(数字方向)和农业专利申请数(数字类);四是数据开发应用,体现数据要素的实际价值转化效果,包含农业电商交易额、智能农机普及率、农业生产数据采集率和农产品溯源覆盖率。

数据要素指标体系依据“核心驱动—基础支撑—硬件保障—能力建设”的核心逻辑形成。数据开发应用是数据要素赋能农业现代化的核心驱动层,以农业电商交易额、智能农机普及率、农产品溯源覆盖率为关键指标,反映了数据向生产力的转化,如农业电商交易额反映数据打通产销的实际效果,智能农机普及率则体现了数据与生产工具的融合深度。数据传播共享构成基础支撑层,为核心驱动层提供数据可及性保障,以农村互联网用户数和农业信息短信服务量为关键指标,反映数据触达小农

户的基本情况。数据应用环境作为硬件保障层，为核心驱动层与基础支撑层筑牢硬件底座，以农村光缆线路长度、农村电商服务站数量为关键指标，前者满足智能农机、物联网设备的数据传输需求，后者保障农业电商落地。数据要素管理属于能力保障

层，为核心驱动层提供人才与技术储备，最终形成数据要素赋能农业现代化的完整支撑体系，其关键指标包括农业技术培训人数和数字类农业专利，前者体现劳动力数据应用能力，后者反映技术创新潜力。具体指标体系如表2所示。

表2 数据要素指标体系

一级指标	二级指标	指标具体定义	属性
数据传播共享	农业网站数	省域内农业农村部门、涉农企业及行业协会官方网站数量	+
	农村移动电话普及水平	农村居民平均每百户年末移动电话拥有量	+
	农村互联网用户数	省域内农村地区使用互联网的居民数量	+
	农业信息短信服务量	涉农部门向农户推送的技术、市场信息短信总量	+
数据应用环境	IPv4地址数（涉农）	农业企事业单位及农村地区注册的IPv4地址总量	+
	农村光缆线路长度	延伸至乡镇及行政村的光缆线路总长度	+
	农村电商服务站数量	省域内行政村已建成的电商服务站点总数	+
	农业信息化财政支出	省级财政用于农业数据平台、智能设备的专项支出	+
数据要素管理	乡村广播/电视覆盖率	乡村地区能接收广播/电视信号的户数占比	+
	农村计算机普及水平	农村居民平均每百户年末计算机拥有量	+
	农业技术培训人数	接受过数字农业技术培训的农业从业人员数量	+
	涉农技术市场成交额	省域内农业数字技术成果交易总额	+
数据开发应用	农业信息从业人员数	涉农企事业单位中从事数据采集、分析的专职人员数	+
	农业研发经费（数字方向）	省级财政及企业投入农业数字化研发的经费	+
	农业专利申请数（数字类）	省域内涉及农业物联网、大数据的专利申请总量	+
	农业电商交易额	通过电商平台销售的农产品总额	+
	智能农机普及率	配备定位、监测功能的农机占总农机数的比例	+
	农业生产数据采集率	采用数字化手段采集生产数据的农户/企业占比	+
	农产品溯源覆盖率	实现数字化溯源的农产品种类占比	+

3. 调节变量

为检验数据要素与传统要素的协同效应，选取资本、土地、劳动力三大传统要素配置扭曲度作为调节变量。借鉴周晓辉等^[32]和邱浩然等^[33]的做法，采用相对扭曲系数测算。

$$\bar{\tau}_{Li} = \left(\frac{L_i}{L} \right) / \left(\frac{S_i \beta_{Li}}{\beta_L} \right), \bar{\tau}_{Li} = \left(\frac{A_i}{A} \right) / \left(\frac{S_i \beta_{Ai}}{\beta_A} \right), \quad (5)$$

$$\bar{\tau}_{Li} = \left(\frac{K_i}{K} \right) / \left(\frac{S_i \beta_{Ki}}{\beta_K} \right)$$

其中， L_i/L 、 A_i/A 和 K_i/K 分别为地区*i*第一产业劳动力占劳动力总量的比例、农作物总播种面积占平原面积的比例以及农业资本占农林牧渔业资本总量的比例， $S_i \beta_{Li}/\beta_L$ 、 $S_i \beta_{Ai}/\beta_A$ 和 $S_i \beta_{Ki}/\beta_K$ 则分别表示地区*i*农业生产中劳动力、土地和资本有效配置的比例，相对扭曲系数意味着实际使用要素和最优配置要素之间的偏离程度。根据公式（5）可知，要计算要素配置扭曲度，需先测算劳动、土地和资本的总产出弹性 β_L 、 β_A 和 β_K 。本文参考朱喜等^[34]的研究，

通过建立面板数据模型来得到各省域要素弹性。

4. 控制变量

为排除其他因素干扰，本文选取以下控制变量：

（1）人口密度（*PD*）。采用年末人口数与国土面积的比值衡量区域人口承载能力，反映其对农业资源配置的约束效应。人口密度越高，意味着单位面积土地上的农业劳动力供给越充足，但也可能加剧土地细碎化问题。

（2）人口结构（*PS*）。以15~64岁人口占总人口的比例衡量，该比例表征农业生产的劳动力基础。

（3）城镇化率（*UR*）。采用城镇人口占总人口的比重衡量，农村劳动力向城镇转移，可能导致农业劳动力老龄化，但也会推动土地流转和规模经营。

（4）经济发展水平（*EDL*）。采用国内生产总值的对数衡量区域经济基础的差异。经济发展水平较高的地区通常具备更完善的基础设施与公共服务，能为农业现代化提供资金与技术支持。

（5）产业结构（*IS*）。采用第二、三产业增加

值占GDP的比重衡量,产业结构优化意味着制造业与服务业占比提升,可通过产业链延伸、技术外溢等途径促进农业现代化。

(6) 财政支农力度(FISC)。采用地方财政支农支出在地方一般公共预算支出中的占比衡量政府财政资源对农业发展的支持强度。财政支农力度越大,越能通过补贴农业技术研发、完善农业基础设施、支持绿色生产项目等途径,为农业现代化提供资金保障。

(三) 数据来源与描述性统计

基于数据可得性考虑,本文选取我国除香港、澳门和台湾以外的31个省份作为研究样本,样本区间为2011—2023年。数据主要来源于历年《中国统计年鉴》《中国农村经营管理统计年报》《中国农村统计年鉴》及各省份统计年鉴。此外,对部分缺失数据采用插值法进行补充。

四、实证结果与分析

(一) 基准回归结果

表3报告了数据要素对农业现代化影响的基准回归结果。在控制年份和地区固定效应后,列(3)DF的回归系数为0.102,且在1%的水平上显著为正,表明数据要素对农业现代化具有显著正向影响,验证了H₁。这一结果与黄恒君等^[1]的结论高度一致,也与农业数字化转型的现实逻辑一致,即数据要素通过优化生产决策、提升经营效率等途径成为推动农业现代化的核心动力。

从控制变量来看,人口结构的系数在1%的统计水平上显著为正,表明充足劳动力是农业现代化的

基础。城镇化率、经济发展水平和产业结构的系数未通过显著性检验,表明在数据要素的作用下,传统的城乡结构和经济发展指标对农业现代化的边际影响有所弱化,进一步印证了数据要素在重构传统发展逻辑中的作用。财政支农力度的系数为正但不显著,可能是由于当前财政支农资金在数据领域的投入不足,尚未形成有效的赋能效应。

表3 数据要素对农业现代化影响的基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
DF	0.124** (2.342)	0.108** (2.156)	0.102*** (4.974)
PD	0.009 (0.715)	0.009 (0.758)	0.009 (0.762)
EDL	-0.722** (-2.896)	-0.730** (-2.945)	-0.732** (-2.962)
UR	0.119 (1.521)	0.120 (1.538)	0.120 (1.545)
PS	0.339*** (7.482)	0.342*** (7.551)	0.342*** (7.566)
IS	-0.240 (-0.892)	-0.241 (-0.901)	-0.242 (-0.904)
FISC	0.092 (1.472)	0.093 (1.486)	0.093 (1.495)
常数项	-4.785** (-9.876)	-4.853*** (-9.982)	-4.900*** (-10.028)
年份固定	否	否	是
地区固定	否	是	是
拟合优度	0.512	0.520	0.524
观测值	403	403	403

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著,括号内为t值,以下同。

为进一步揭示数据要素影响农业现代化的具体路径,表4报告了分维度回归结果。

表4 数据要素对农业现代化影响的分维度回归结果

变量	(1) 投入现代化	(2) 产出现代化	(3) 社会现代化	(4) 生态现代化
DF	0.251*** (8.207)	0.216*** (7.161)	0.157*** (9.062)	-0.062* (-1.654)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是
拟合优度	0.417	0.486	0.736	0.346
观测数	403	403	403	403

数据要素对投入现代化、产出现代化、社会现代化的影响系数分别为0.251、0.216、0.157,且都在1%的水平上显著,这表明数据要素通过推动生产

要素升级、提升产出效率、优化城乡协同等路径赋能农业现代化,与H₁中“数据要素对多维度现代化均有正向效应”的预期一致。值得注意的是,数据

要素对生态现代化的影响系数为-0.062，且在10%的水平上显著，呈现微弱负向效应。其原因可能在于，数字基础设施建设在短期内会增加生态压力，而生态效益的显现通常存在滞后性，或许需要与绿色技术深度融合，才能释放出正向效应。数据要素对投入现代化、产出现代化的驱动强度显著高于社会现代化，这一差异符合数字技术渗透的阶段性特征，即物联网、卫星遥感等技术在生产环节的应用可直接提升要素配置效率。数据要素对生态现代化呈短期微弱负向效应，这一发现补充了黄恒君等^[1]未涉及的“生态维度时滞矛盾”，揭示了数字基础设施建设短期能耗与生态效益释放的时间差，完善

了数据要素赋能农业现代化的多维效应研究，更贴合绿色低碳的实践。

(二) 稳健性和内生性检验

1. 剔除直辖市

考虑到直辖市在经济发展、政策支持以及技术创新等方面显著优于普通省份，且在农业经济规模及农业就业人口占比方面较小，为避免特殊样本对结果的干扰，本文将北京、天津、上海、重庆从样本中剔除，重新进行回归分析。结果如表5列(1)所示，数据要素对农业现代化的回归系数为0.169，并在1%的水平上显著，表明在剔除直辖市特殊样本后，基准回归结论依然稳健。

表5 稳健性与内生性检验结果

变量	稳健性检验		内生性检验	
	(1) 剔除直辖市	(2) 替换被解释变量	(3) IV-2SLS	(4) 系统GMM
<i>LAM</i>				0.215*** (3.826)
<i>DF</i>	0.169*** (11.599)	0.159*** (7.525)	0.185*** (5.321)	0.123*** (4.106)
控制变量	控制	控制	控制	控制
Kleibergen-Paaprk			28.640	
<i>LM</i> statistic			[0.000]	
Cragg-Donald Wald <i>F</i> statistic			12.360	
AR(1) P-value				0.021
AR(2) P-value				0.315
Hansen 检验				0.217
年份固定	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是
拟合优度	0.730	0.499	0.498	
观测数	351	403	403	372

2. 更换核心变量测算方法

在基准回归中，本文采用熵值法对农业现代化水平进行测算。为排除指标权重设定对估计结果的干扰，本文将其替换为通过因子分析法计算得到的农业现代化指数，并进行回归分析。结果如表5列(2)所示，在更换农业现代化水平测算方法后，数据要素对农业现代化的影响估计系数在1%的水平上显著为正，与前文基准回归结果一致，表明基准回归结论稳健可靠。

3. 内生性问题处理

基准回归可能存在双向因果关系和遗漏变量等内生性问题。针对内生性问题，工具变量法

(IV-2SLS) 是一种重要的解决手段。本文选取1981年各省份的人均邮电业务量与样本期前一年互联网上网人数的交互项，作为数据要素的工具变量。这类历史变量与当前的数据要素水平有内在关联，但不受当期农业现代化水平的反向影响，满足了工具变量的相关性和外生性要求。回归结果显示，Kleibergen-Paaprk *LM*统计量为28.640，对应的*P*值为0.000，表明工具变量通过了识别不足检验；Cragg-Donald Wald *F*统计量为12.360，超过了Stock-Yogo弱识别检验10%水平上的临界值，说明不存在弱工具变量问题。在第二阶段回归中，数据要素的系数为0.185，且在1%的统计水平上显著为

正,与基准回归结果的方向一致,进一步验证了在缓解内生性问题后,数据要素对农业现代化的正向影响依然显著,结论保持稳健。

系统GMM估计用于处理动态内生性问题。考虑到农业现代化可能存在路径依赖,即前期水平对当期水平的影响,本文构建了包含被解释变量滞后项的动态面板模型,并选取核心解释变量的滞后项及水平项作为工具变量。估计结果显示,被解释变量滞后一期的系数为0.215,且在1%的水平上显著,表明农业现代化确实存在显著的路径依赖特征。核心解释变量 DF 的系数为0.123,且在1%的水平上显著为正,与基准回归结果一致。从工具变量有效性来看,AR(1)检验的 P 值为0.021,表明扰动项差分后存在一阶自相关;AR(2)检验的 P 值为0.315,表明不存在二阶自相关,符合GMM估计的矩条件;Hansen检验的 P 值为0.217,未能拒绝“工具变量有效”的原假设,进一步验证了模型设定的合理性。

(三) 异质性检验

1. 区域异质性

鉴于我国东、中、西部及东北地区在数字基础设施、农业传统要素配置及农业现代化核心需求方

面的显著差异,本文将样本划分为四大区域进行分组回归,以揭示数据要素赋能效应的区域化特征,结果如表6列(1)—列(4)所示。回归结果表明,在东部地区数据要素对农业现代化的影响系数为0.124,且在1%的水平上显著;在中部地区的影响系数为0.092,且在10%的水平上显著;在西部地区的影响系数为0.085,但未通过显著性检验;在东北地区的影响系数为0.107,且在5%的水平上显著。值得注意的是,中部地区的拟合优度为0.685,虽低于东部地区的0.723,但结合其作为粮食主产区的定位,反映出数据要素与农业生产的结合更加紧密,协同效应也更为显著。这种区域差异与经济发展梯度密切相关:东部地区数字基础设施较为完善,数据要素的绝对驱动作用更加突出,但由于农业占比低且数字化基础较为扎实,边际效应趋于饱和;中部、西部和东北地区农业基础相对薄弱,数据要素通过弥补信息不对称、优化资源配置等途径在农业现代化的“追赶效应”中作用更为突出,潜力也更大。“东部绝对驱动强、中西部追赶效应显著”的基本结论与郑秋芬等^[11]“东部数字基础好但边际饱和”的发现一致。

表6 数据要素对农业现代化影响的异质性分析

变量	区域				农业现代化水平		互联网普及率	
	(1) 东部	(2) 中部	(3) 西部	(4) 东北地区	(5) 低	(6) 高	(7) 高	(8) 低
DF	0.124*** (3.826)	0.092* (1.763)	0.085 (1.521)	0.107** (2.215)	0.156*** (4.218)	0.078* (1.692)	0.132*** (3.965)	0.065 (1.432)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定	是	是	是	是	是	是	是	是
地区固定	是	是	是	是	是	是	是	是
拟合优度	0.723	0.685	0.652	0.701	0.745	0.623	0.718	0.605
观测数	130	78	156	39	201	202	201	202

2. 农业现代化异质性

农业现代化进程具有阶段性特征,不同发展水平的地区在数据要素的需求强度、吸收能力及应用场景上存在差异,这可能导致数据要素的赋能效应呈现梯度分化。检验这一差异,有助于揭示数据要素作用的动态规律,为分阶段推进数字农业建设提供理论支撑。基于此,本文以农业现代化水平的中位数为分界,将样本划分为低现代化组和高现代化组进行分组回归,结果如表6列(5)和列(6)所示。低现代化组 DF 的系数为0.156,且在1%的水平

上显著;而高现代化组的系数为0.078,仅在10%的水平上显著。前者的系数显著大于后者,表明数据要素对农业现代化的促进作用存在边际报酬递减的特征。从经济逻辑来看,在农业现代化水平较低的阶段,生产效率提升的空间较大,数据要素通过优化基础资源配置、改善低效环节管理等可产生显著推动作用。

3. 数字基础设施异质性

数字基础设施是数据要素流动、配置与价值转化的硬件支撑,其完善程度直接决定数据要素能否

有效渗透到农业生产经营各环节。不同地区数字基础设施的差异可能成为数据要素赋能效应的关键约束，检验这种差异有助于明确基础设施建设的优先级。为此，本文根据各省农村地区互联网普及率的中位数，将样本分为高普及率组和低普及率组进行对比分析，结果如表6列（7）和列（8）所示。高普及率地区DF的系数为0.132，且在1%的水平上显著，而低普及率地区DF的系数为0.065，未通过显著性检验，表明数字基础设施水平直接制约数据要素的赋能效应。这一结果验证了“硬件筑基是数据要素发挥作用的前提”的理论逻辑：只有当农村地区的互联网接入、终端设备等基础设施完善时，农业经营主体才能有效获取、传输和应用数据；相反，基础设施薄弱会形成“数字鸿沟”，显著限制数据价值的转化与落地。这一结论与江娟丽等^[35]“数字基建完善度决定数字红利释放效率”的结论相呼应，验证了该规律在农业现代化整体领域的适用性。

（四）调节效应检验

本文通过调节效应模型检验资本、土地、劳动力要素配置扭曲度在数据要素影响农业现代化中的协同效应，结果如表7所示。

表7列（1）检验了数据要素与资本要素的协同效应。结果显示，DF的主效应系数为0.082，且在5%的水平上显著，表明数据要素对农业现代化具有正向驱动作用；资本要素的主效应系数为0.031，虽未通过显著性检验，但符号为正，表明资本投入对农业现代化存在潜在促进作用。更重要的是，DF与资本要素的交互项系数为0.021，且在10%的水平上显著为正，验证了H₂，即数据要素水平越高，资本要素对农业现代化的正向影响越强。这一结论与覃朝晖等^[9]“数字技术缓解农业融资约束”的结论相呼应，其经济逻辑在于，数据要素既能通过构建信用画像降低信贷评估成本、缓解农业经营主体融资约束，又能帮助其筛选高效项目、引导资本流向高生产率领域，进而放大资本要素的边际贡献。

表7列（2）检验了数据要素与土地要素的协同效应。结果显示，DF的主效应系数为0.115，且在1%的水平上显著，再次印证了数据要素的独立赋能作用；土地要素的主效应系数为0.025，符号为正但未通过显著性检验，可能与当前土地细碎化、利用

效率低的现实困境有关。值得关注的是，DF与土地要素的交互项系数为-0.037且在5%的水平上显著为负，与H₃的预期不符，表明数据要素未能增强土地要素对农业现代化的正向影响，反而呈现一定的抑制效应。结论补充了邵喜武等^[36]“土地细碎化制约数字技术应用”的理论，证实土地经营分散、流转数字化不足会削弱数据要素对投入、产出现代化的协同价值。这一现象的可能解释是：小农户土地经营规模分散，导致数据监测设备铺设成本高、数据共享难度大，难以实现规模化数据应用；同时，土地流转合同数字化管理机制不完善，交易成本居高不下，削弱了数据要素对土地精准配置的推动作用。此外，部分地区土壤质量数据库、种植结构数据平台建设滞后，也限制了数据要素在优化轮作方案、提升单位产出率等方面的作用。

表7 数据要素与传统要素的协同效应检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
DF	0.082** (0.035)	0.115*** (0.032)	0.076** (0.031)
CMD	0.031 (0.022)		
LMD		0.025 (0.018)	
LbMD			0.042* (0.023)
DF×CMD	0.021* (0.012)		
DF×LMD		-0.037** (0.015)	
DF×LbMD			0.052*** (0.016)
控制变量	已控制	已控制	已控制
年份固定	是	是	是
地区固定	是	是	是
常数项	-4.521 (0.512)	-5.013 (0.498)	-4.326 (0.476)
伪R ²	0.542	0.538	0.556
样本量	403	403	403

表7列（3）聚焦数据要素与劳动力要素的协同效应。结果显示，DF的主效应系数为0.076，且在5%的水平上显著，劳动力要素的主效应系数为0.042，且在10%的水平上显著，表明两者单独作用时均对农业现代化有正向影响。关键在于，DF与劳动力要素的交互项系数为0.052，且在1%的水平上

显著为正,支持了H₄,即数据要素水平越高,劳动力要素对农业现代化的正向影响越强。这一结果印证了“数据要素推动传统农民向数字农民转型”的理论逻辑:数据要素通过在线培训平台提升劳动力的数字技能,使其更易操作智能农机、解读生产数据,直接提升劳动生产率;同时,数据要素增强劳动力对绿色生产的认知,推动生物农药、秸秆还田等环境友好型技术的采纳,进而促进社会现代化与生态现代化。这种“数据+技能”的协同模式有效缓解了农村劳动力老龄化、技能不足对农业现代化的制约。

五、结论及其启示

基于2011—2023年全国31个省域面板数据,本文系统考察了数据要素对农业现代化的赋能效应及其作用机制,主要结论如下:总体而言,数据要素对农业现代化具有显著正向影响,且对投入现代化、产出现代化、社会现代化的正向效应均通过了显著性检验;而数据要素对生态现代化呈现微弱负向影响,表明短期内数字基础设施能耗与生态效益之间存在时滞矛盾。调节效应检验显示,数据要素与资本要素形成了显著的正向协同,通过缓解融资约束、引导资本精准配置,放大了资本驱动的作用;与劳动力要素的协同效应显著为正,通过提升数字技能、加速技术采纳,进一步增强了劳动力的贡献;但与土地要素的交互项系数显著为负,反映出土地细碎化、流转数字化不足等问题,制约了协同效应。数据要素的赋能效应具有多重异质性特征。在区域层面上,东部地区数据要素绝对驱动作用突出且显著,但中部、西部和东北地区因农业基础薄弱,数据要素通过弥补信息不对称等途径产生的“追赶效应”更为显著;在发展阶段上,低现代化组的数据要素系数显著高于高现代化组,印证了边际报酬的递减规律;在基础设施方面,互联网普及率较高的地区数据要素效应显著高于低普及率地区,验证了数字基础设施是数据价值充分释放的前提。

以上结论对于推动数据要素与传统要素深度融合、加快农业现代化进程有以下启示:

第一,需要夯实数据要素基础,筑牢全域赋能根基。一是补齐数字基础设施短板。聚焦中西部农村地区“数据孤岛”问题,加快光缆线路、5G基站、

农业气象监测站等硬件建设,扩大土壤质量、作物生长等农业核心数据的开放共享,将农村互联网普及率纳入地方农业现代化考核指标,实现粮食主产区数字基建全覆盖。二是强化数据要素管理能力。加大农业数据领域研发投入,培育数字化农民队伍;推动数据开发应用向全链条延伸,建立从智慧种植、电商销售到绿色溯源的全周期数据服务体系,降低小农户数据使用门槛。

第二,优化要素协同机制,释放“数据要素×传统要素”效应。针对资本要素,完善农业数据征信体系。依托生产记录、销售流水等数据构建新型农业经营主体信用画像,设立“数据质押+绿色项目”专项贷款,推动数字普惠金融与农业信贷精准对接,引导资本流向智慧农机、绿色种植等高效领域。构建数字技能培训体系,开发“短视频+在线答疑”轻量化培训平台,将数据工具操作、生产数据分析等内容纳入农民培训大纲,实现新型经营主体数字技能培训全覆盖。推动土地数字化流转与利用,建立全国统一的土地确权数据与流转平台,开发土壤质量数据库与轮作方案优化系统,在粮食主产区试点“数据监测+规模经营”模式,破解小农户地块细碎化制约。

第三,实施区域精准施策,破解异质性约束。东部地区可依托数据优势,重点布局智慧农业集群与数字供应链,建设“数据中台+规模农场”模式,打造“数据+规模经营”标杆区;中西部地区则聚焦补短板,推广低成本数字工具,出台数据技能培训倾向性帮扶政策,充分释放数据与劳动力协同效应。同时,通过“东数西算”建立农业数据共享通道缩小跨区域的数字鸿沟,中西部地区侧重以数据优化基础资源配置,东部地区则探索数据要素市场化交易机制;同步建立数字基建绿色标准,推广低能耗设备,将生态效益纳入项目评估,实现数据赋能与绿色发展的协同推进。

参考文献:

- [1] 黄恒君,吕家奇,程钦良.数据要素赋能中国农业现代化——基于新质生产力视角的理论与实证[J].东岳论丛,2025,46(5):122-131.
- [2] 马国群,秦知余,崔叶辰,等.考虑数据要素的中国农业绿色全要素生产率测算:理论框架与实证分析[J].中国人口·资源与环境,2025,35(5):155-165.
- [3] 陈中伟,张雪艳.数字乡村建设能否缓解农业资源要

- 素错配? [J]. 农林经济管理学报, 2022, 21(6): 736-743.
- [4] 颜昕, 孙艳玲, 宋雪茜. 农业现代化发展水平测度研究: 基于四川省的实证[J]. 中国软科学, 2024(S1): 303-308.
- [5] 冀玄玄, 姜军松. 中国农业现代化发展水平的空间格局与分布动态演进[J]. 统计与决策, 2024, 40(9): 112-117.
- [6] 王萍萍, 曹芷畅, 黄卓, 等. 农村电商对农业全要素生产率的影响研究——基于电子商务进农村综合示范政策考察[J]. 财经理论与实践, 2025, 46(3): 125-132.
- [7] 杜媛, 徐慧杰, 陈润娟. 数字化背景下农业供应链金融风险控制策略创新——基于普惠农牧融资担保公司的案例研究[J]. 管理案例研究与评论, 2025, 18(2): 243-254.
- [8] 连宏萍, 韩文静. 数字经济赋能乡村产业融合发展的实证研究[J]. 中国特色社会主义研究, 2025(1): 55-66.
- [9] 覃朝晖, 王镛菲, 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.
- [10] 刘长全. 颠覆性农业技术促进农业现代化的作用机制与实践路径[J]. 学习与探索, 2023(8): 141-146.
- [11] 郑秋芬, 刘家成. 数据要素赋能、要素成本结构变化与小农户向大农场转型[J]. 经济体制改革, 2024(2): 81-87.
- [12] 蔡旺. 数字农业高质量发展的现实困境与纾解路径[J]. 兰州学刊, 2025(6): 209-220.
- [13] 许中缘, 郑煌杰. 新质生产力视域下数据要素价值化的体系配置[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2025, 45(5): 97-107.
- [14] 孙正林, 阚蕊, 陈俊龙. 数字经济对农业经济韧性的影响研究[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2025, 27(4): 37-48.
- [15] 唐任伍, 马志栋. 乡村振兴战略中新质生产力的赋能机制与培育路径[J]. 中国流通经济, 2025, 39(5): 3-14.
- [16] 罗千峰. 智能化对农户绿色低碳生产转型的影响及作用机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2025, 35(2): 88-100.
- [17] 汪为, 万广华. 完善强农惠农富农支持制度: 理论基础、价值意涵与推进路径[J]. 农业经济与管理, 2025(3): 96-107.
- [18] 刘丹, 张龙耀. 金融助力乡村产业高质量发展: 理论逻辑、现实困境与优化路径[J]. 世界农业, 2024(12): 74-85.
- [19] 黄先海, 黄雨晗, 虞柳明. 人工智能赋能农业新质生产力: 实现逻辑、运行机制与跃升路径[J]. 中国农村经济, 2025(7): 3-22.
- [20] 周济南, 胡梦田. 数字治理从“赋权”到“平权”: 数字素养培育的生成机理与实现方略[J]. 重庆社会科学, 2025(7): 80-95.
- [21] 温涛, 向栩. 农村金融服务农业强国建设: 基础能力、薄弱环节与创新路径[J]. 经济学家, 2024(4): 56-66.
- [22] 王文龙. 中国农业现代化的内在逻辑、现实困境与突破路径[J]. 云南财经大学学报, 2025, 41(4): 85-97.
- [23] 蒙慧, 刘允秀, 刘光旭. DeepSeek何以赋能智慧农业高质量发展: 内在机理与路径选择[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2026, 26(1): 48-58.
- [24] 王夏林, 王转林, 王金霞, 等. 流域尺度下季节性休耕生态补偿标准的空间优化研究——以海河流域为例[J]. 中国农村经济, 2024(3): 142-165.
- [25] 公茂刚, 王浩. 二轮延包下的农地“三权分置”深化改革: 困境、机遇及路径[J]. 当代经济研究, 2025(7): 100-110.
- [26] 贾晋, 彭浩瀚, 高远卓. 保障农业强国建设要素投入: 基本逻辑、现实挑战与实践路径[J]. 经济学家, 2024(12): 104-113.
- [27] 马亚飞, 陈强强, 吕剑平. 数字金融使用与农户家庭生产要素优化配置: 效应及机制[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2025, 25(3): 178-190.
- [28] 刘振涛, 林英明, 周勋章, 等. 数字素养如何影响养殖户低碳生产行为? 一个有调节的中介效应分析[J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(7): 51-63.
- [29] 周玉玺, 高瑞敏. 数字素养对设施蔬菜种植户绿色生产转型的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2025, 39(5): 79-93.
- [30] 汪昊, 张俊飏, 王志娜. 中国农业现代化水平的测算与俱乐部收敛分析[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(8): 158-170.
- [31] 石志恒, 王瑞霞. 中国农业现代化与碳排放效率的耦合协调关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2024, 38(8): 1-12.
- [32] 周晓辉, 刘莹莹, 彭留英. 数字经济发展与绿色全要素生产率提高[J]. 上海经济研究, 2021(12): 51-63.
- [33] 邱浩然, 孔令成, 徐辉. 数字经济、要素配置与粮食绿色全要素生产率——基于长江经济带城市面板数据的实证分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2025(4): 72-83.
- [34] 朱喜, 史清华, 盖庆恩. 要素配置扭曲与农业全要素生产率[J]. 经济研究, 2011, 46(5): 86-98.
- [35] 江娟丽, 张思瑶, 穆学英. 数字经济赋能农旅融合高质量发展的效应与机制——基于成渝地区双城经济圈的实证[J]. 西南大学学报(社会科学版), 2025, 51(4): 141-156, 328.
- [36] 邵喜武, 朱雪, 牛奕涵, 等. 数据要素的农业碳减排效应及其机制研究[J]. 地理科学, 2025, 45(9): 2013-2023.

责任编辑: 李东辉