

DOI: 10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2025.05.042

李明亮, 余国新, 蒲娟. 数字乡村建设赋能农业经济与生态环境协同发展——基于中介效应与空间溢出效应分析[J]. 中国农机化学报, 2025, 46(5): 322-333

Li Mingliang, Yu Guoxin, Pu Juan. Digital rural construction enables synergistic development of agricultural economy and ecological environment: Based on the analysis of mediating effect and spatial spillover effect [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2025, 46(5): 322-333

数字乡村建设赋能农业经济与生态环境协同发展^{*}

——基于中介效应与空间溢出效应分析

李明亮, 余国新, 蒲娟

(新疆农业大学经济管理学院, 乌鲁木齐市, 830052)

摘要: 数字乡村建设为农业经济和生态环境协同发展给予新的动力支撑, 对实现农业农村现代化发展具有重要意义。基于全国30个省级面板数据, 从理论和实证两方面分别探究数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响及作用机制。研究发现, 农业经济与生态环境协同水平呈上升趋势, 但各地区间协同水平存在差距; 数字乡村建设能够提升农业经济与生态环境协同水平, 且在中西部地区促进效果更为显著; 数字乡村建设能够通过促进科技创新、加快产业转型升级和带动投资调整, 助推农业经济与生态环境协调发展; 数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响存在显著的正向空间溢出效应。因此, 应持续推进数字基础设施建设和传统基础设施改造, 提高乡村居民数字素养和技能, 因地制宜发展数字乡村, 并加强各地区协作能力。

关键词: 数字乡村建设; 农业经济; 生态环境; 协调发展; 中介效应; 溢出效应

中图分类号: F323; F49 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-5553(2025)05-0322-12

Digital rural construction enables synergistic development of agricultural economy and ecological environment: Based on the analysis of mediating effect and spatial spillover effect

Li Mingliang, Yu Guoxin, Pu Juan

(College of Economics and Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052, China)

Abstract: The construction of digital countryside gives new power support to the synergistic development of agricultural economy and ecological environment, which is of great significance to realize the modernization and development of agriculture and rural areas. Based on the panel data of 30 provinces in China, the impact and mechanism of digital village construction on the synergy of agricultural economy and ecological environment are explored from both theoretical and empirical aspects. The study finds that the level of synergy between agricultural economy and ecological environment shows an upward trend, but there is a gap between the synergy levels of various regions, digital village construction can enhance the level of synergy between agricultural economy and ecological environment, and the effect of promotion is more significant in the central and western regions, digital village construction can boost the coordinated development of agricultural economy and ecological environment by promoting scientific and technological innovation, accelerating industrial transformation and upgrading, and driving the adjustment of investment, digital village construction has a positive impact on the synergy of agricultural economy and ecological environment. There is a significant positive spatial spillover effect of the impact of digital village construction on the synergy of agricultural economy and ecological environment. Therefore, in the future, we should continue to promote the construction of digital infrastructure and the transformation of traditional infrastructure, improve the digital literacy and skills of rural residents, develop digital villages in accordance with local conditions, and strengthen the capacity of collaboration among regions.

收稿日期: 2023年8月14日 修回日期: 2023年9月6日

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(72163032); 新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2024D01B45)

第一作者: 李明亮, 男, 1997年生, 安徽滁州人, 硕士; 研究方向为农业经济。E-mail: 1260768180@qq.com

通讯作者: 蒲娟, 女, 1992年生, 四川南充人, 博士, 讲师; 研究方向为农村与区域经济。E-mail: pujuan0310@126.com

Keywords: digital rural construction; agricultural economy; ecological environment; coordinated development; intermediary effect; spillover effect

0 引言

农业作为我国第一产业,在维护国家安全和社会稳定、改善人民生活水平等方面始终扮演着重要角色。改革开放以来,我国农业经济发展迅速,粮食产量自1978年的 3.04×10^8 t增长至2022年的 6.86×10^8 t,2021年农业总产值更是达到78 339.5亿元。与此同时,长期的粗放式经营^[1],导致农业生产要素趋紧^[2]、面源污染加剧^[3]、土地肥力衰退^[4]等问题日益凸显,阻碍了农业可持续发展。提高农业经济与生态环境协调发展水平,对加快农业农村现代化具有重要意义。

当前,关于经济与生态环境协调发展的研究主要集中在理论分析、时空演变和影响因素等方面。首先,理论分析方面,循环经济理论^[5]认为应充分考虑生态系统的承载力,实现对资源的循环利用,以达到经济发展与环境保护双重目标;环境库兹涅茨曲线理论^[6]表明,经济增长与环境污染呈“倒U”型关系,即经济发展初期,环境恶化程度随收入的提高而加剧,当经济发展到一定阶段,收入提高将会优化环境质量。其次,时空演变方面,相关学者以全国、区域、省际等层面为研究对象,利用耦合协调度模型,测度经济与环境耦合协调发展水平,并对其特征规律进行深入分析^[7]。研究普遍认为,经济增长与绿色生态协调水平总体呈上升趋势,但各区域发展不均衡,且距理想状态存在较大差距^[8]。最后,影响因素方面,相关研究表明环境规制^[9]、物流业发展^[10]、科技创新^[11]、产业结构升级^[12]等均有助于推动经济与生态环境协调发展。

随着数字技术的迅速发展,数字乡村建设已然成为解决“三农”问题的重要手段。2018年中央一号文件首次提出实施数字乡村战略,随后颁布了《数字乡村发展战略纲要》《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》等政策文件,旨在全面推进数字乡村建设,缩小城乡“数字鸿沟”。数字技术赋能农业农村,不仅能减少信息不对称,缓解农户融资约束,同时有利于深化农业科技创新,加快推动技术成果转化,实现农业生产智能精准、乡村治理便捷高效、农户生活舒适美好。此外,已有研究表明,数字乡村建设在增加农户收入^[13]、刺激农户消费^[14]、提高农业生产效率^[15]、降低环境污染^[16]等方面卓有成效。因此,数字乡村建设对促进农业经济与生态环境协调发展具有较大潜力。

综上所述,现有研究更多考察的是数字乡村建设与农业经济^[17]或生态环境^[18]之间的关系,鲜有将三者纳

入同一研究框架,探究数字乡村建设对农业经济与生态环境协调发展的影响。基于此,以2011—2020年中国30个省份(不含西藏、港澳台地区)为研究对象,利用熵值法测算数字乡村建设、农业经济、生态环境综合指数,运用耦合协调度模型测度农业经济与生态环境协同水平,并构建基准回归模型、中介效应模型和空间计量模型,深入探析数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响及作用机制。本文可能产生的边际贡献:(1)从协调发展视角出发,探究数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响,为实现农业经济与生态环境协调发展提供全新思路。(2)检验数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响是否存在地区差异,以期作出针对性决策。(3)对投资调整、产业转型升级、科技创新3种作用路径进行实证检验,丰富传导机制,提高研究结果的可靠性。(4)将空间因素纳入数字乡村建设对农业经济与生态环境协调发展的作用中,进一步验证数字乡村建设对二者协调发展的溢出效应。

1 理论分析与研究假说

1.1 农业经济与生态环境耦合协同性

耦合度指各系统间互相影响,实现协调发展的动态关联关系。协调度指系统相互作用中良性耦合水平的高低,反映协调状态的好坏^[19]。农业经济与生态环境存在耦合协同关系,具体表现:一方面,农业经济增长是生态环境的重要动力。基于环境库兹涅茨曲线理论,当经济发展水平较低时,收入与生态环境成反比,而当经济发展达到一定水平后,环境质量将得到改善^[20]。随着农业经济不断发展,为先进的农业技术、设备以及管理经验的引入提供金融支持,使农业生产条件得到极大改善,推动农业生产规模化、高效化、绿色化、集约化,最终实现农业绿色发展。另一方面,生态环境是经济增长的基础。生态环境的优劣直接影响到经济能否实现可持续发展。首先,生态环境恶化会影响到农户的身体生产和生产活动,导致农业生产效率显著降低,进而阻碍农业经济稳定发展;其次,生态环境遭到严重损害时,水资源短缺、土壤肥力下降等问题将导致农业生产力下降,从而降低经济效益;最后,当生态环境得到改善时,有利于推进乡村旅游、休闲农业等新产业新业态培育,为经济增长注入新动力。

因此,农业经济与生态环境相辅相成,促进经济增长需深入贯彻绿色发展理念,而经济增长又为绿色发展提供动力支撑。

1.2 数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响

随着数字乡村发展战略的实施,数字技术下沉乡村助推农业经济与生态环境协调发展取得了显著成效。具体来看,数字乡村建设提升农业经济与生态环境协同水平主要从以下3个方面出发。

1) 数字乡村建设释放数字资金红利促进农业经济与生态环境协调发展。数字普惠金融具有便捷、广覆盖、低成本、易获得等优势^[21],依托互联网、大数据、云计算等现代信息技术,将社会中的闲散资金吸收整合后再精准匹配到有需求的农户,充分发挥金融服务在农村地区的包容性与普惠性^[22],从而有效缓解小农户、专业大户以及家庭农场等各方主体的融资约束,为绿色高效的农业生产技术的植入提供有力支撑。此外,数字普惠金融能够通过创新绿色环保的金融服务与产品,加大对农业绿色生产的支持力度,不仅推动了农业绿色技术转型升级,还提高了农户对生态农业的重视,加快推进农业经济与生态环境有机结合,实现农业农村现代化发展^[23]。因此,数字乡村建设能够产生投资调整效应,通过提高融资规模和效率,促进金融资源合理配置,进而实现农业经济与生态环境协调发展。

2) 数字乡村建设释放数字信息红利促进农业经济与生态环境协调发展。乡村数字信息平台的建设突破了空间限制,有效缓解了信息不对称约束,降低了农户信息搜寻成本^[24]和交易成本^[25],使其能够及时准确掌握农业生产各环节的有效信息,从而做出科学合理的决策,实现劳动力、资本以及土地等生产要素有效配置。此外,随着乡村数字基础设施不断优化升级以及手机、电视等智能设备的应用,农村居民获取知识和信息的途径得到显著改善,使其能够了解到更为全面的创业和就业信息^[26],在提高收入水平的同时,也提升了环境效益,最终打造经济与环境协调发展新局面。因此,数字乡村建设能够产生产业转型升级效应,通过提高资源配置效率,促进农户创业就业,加快产业结构向更高级形态迈进,实现农业经济与生态环境协调发展。

3) 数字乡村建设释放数字技术红利促进农业经济与生态环境协调发展。首先,农业智能感知、农业无人机、农业遥感技术等智慧农业技术的应用,为农业生产提供了强力技术支撑^[27],推动其向“智能化”“精准化”“集约化”转变^[28],实现农业绿色高效发展。其次,农村电商改变了自产自销的传统经营模式,拓宽了农产品销售渠道^[29],使农户收入水平得到显著改善。并且,由于人民日益增长的美好生活需要,绿色农产品受到了广大消费者的青睐,从而倒逼农业绿色发展。最后,借助数字技术打造数字政务平台实现政府与基层

群众有效沟通,以此加强乡村环境治理和传统生产经营模式改造,促进经济与生态效率共同提高。因此,数字乡村建设能够产生科技创新效应,通过提高农业农村科技水平,实现农业经济与生态环境协调发展。综上所述,提出如下假说。

假说1:数字乡村建设有助于提升农业经济与生态环境协同水平。

假说1a:数字乡村建设能够通过投资调整提升农业经济与生态环境协同水平。

假说1b:数字乡村建设能够通过加快产业转型升级提升农业经济与生态环境协同水平。

假说1c:数字乡村建设能够通过促进科技创新提升农业经济与生态环境协同水平。

1.3 数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的空间溢出效应

任何事物之间都存在关联性,距离越近的事物,其关联性越紧密^[23]。因此,一个地区的农业经济与生态环境协同水平很可能受邻近地区农业经济与生态环境协同水平的影响。此外,数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响能够产生扩散效应和示范效应^[30]。具体来看,一方面,数字乡村建设依托现代信息技术,能够以较低的成本和便捷的渠道促进资本、技术、劳动力等生产要素跨区域流动^[31],提升邻近地区农业经济与生态环境协同水平。另一方面,当一个地区通过推动数字乡村建设,实现农业经济与生态环境协调发展时,将会对邻近地区产生激励和学习效应,加快邻近地区数字乡村建设进程,最终形成各区域农业经济与生态环境协调发展的良好局面。综上所述,提出如下假说。

假说2:数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响存在正向空间溢出效应。

2 研究方法

2.1 数字乡村建设、农业经济与生态环境评价指标体系构建

1) 数字乡村建设评价指标体系。将数字乡村建设(DV)设为该文的核心解释变量,并借鉴朱红根等^[32]的经验,从数字基础设施、数字产业发展、数字服务水平和数字资金支持4个维度出发,选取14个指标构建中国数字乡村建设综合评价指标体系,结果见表1。

2) 农业经济与生态环境评价指标体系。参考现有研究^[33-35],在遵循科学性、可行性、可获取性等原则下,从生活水平、经济实力、社会救济3个维度构建农业经济综合评价指标体系,从资源利用、环境友好、生态环保和绿色产出4个维度构建生态环境综合评价指标体系,结果见表2。作为一种客观赋权法,熵值法能够有效避

免人为因素导致的偏差,因此采用该方法分别测度数字乡村建设指数、农业经济指数以及生态环境指数。

表 1 数字乡村建设评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system for digital village construction

一级指标	二级指标	三级指标	指标解释	指标性质
数字乡村建设	数字基础设施	移动电话普及程度/部	农村居民平均每百户移动电话拥有量	正
		计算机普及程度/部	农村居民平均每百户计算机拥有量	正
		电视普及程度/部	农村居民平均每百户电视拥有量	正
		互联网普及率/%	农村地区网民数量占该地区农村人口比重	正
		农业气象监测站/个	农业气象观测站个数	正
	数字产业发展	数字化基地/个	淘宝村数量	正
		数字化交易/亿元	电子商务销售额和采购额	正
		网络支付	数字普惠金融指数	正
	数字服务水平	农村投递路线长度/km	农村投递路线长度	正
		数字化人才/人	农村每万人农业技术人员数	正
	数字资金支持	数字化消费/元	农村居民家庭人均交通通信消费支出	正
		农业生产投资/(元·人 ⁻¹)	人均农林牧渔业固定资产投资	正
		农业金融投资/(元·人 ⁻¹)	人均涉农贷款余额	正
	数字科研支出	农业科研投入/(元·人 ⁻¹)	人均农业科研投入额	正

表 2 农业经济和生态环境评价指标体系

Tab. 2 Evaluation index system for agricultural economy and ecological environment

一级指标	二级指标	三级指标	指标解释	指标性质
农业经济系统	生活水平	农村居民人均消费支出/(元·人 ⁻¹)	农村居民人均消费支出	正
		人均乡村消费品零售额/(元·人 ⁻¹)	乡村消费品零售额/乡村人口数	正
	经济实力	人均农林牧渔总产值/(元·人 ⁻¹)	农林牧渔总产值/乡村人口数	正
		农村居民人均可支配收入/(元·人 ⁻¹)	农村居民人均可支配收入	正
	社会救济	第一产业占 GDP 比重/%	第一产业产值	负
		人均财政支农/(元·人 ⁻¹)	财政支农/乡村人口数	正
生态环境系统	资源利用	农林牧渔中间消耗率/%	农林牧渔中间消耗/农林牧渔业总产值	负
		农用柴油使用效率/(t·万元 ⁻¹)	农用柴油总量/农林牧渔业总产值	负
		农业用水效率/(m ³ ·元 ⁻¹)	农业用水总量/农林牧渔业总产值	负
		农村用电效率/(kW·h·元 ⁻¹)	农村用电总量/农林牧渔业总产值	负
	环境友好	有效灌溉率/%	有效灌溉面积/耕地面积	正
		复种指数/%	播种面积/耕地面积	正
生活垃圾无害化处理率/%		生活垃圾无害化处理率	正	
农村卫生厕所普及率/%		农村卫生厕所普及率	正	
绿色环保	农药使用强度/(kg·hm ⁻²)	农药使用量/农作物播种面积	负	
	化肥使用强度/(kg·hm ⁻²)	化肥施用量/农作物播种面积	负	
	农膜使用强度/(kg·hm ⁻²)	农膜使用量/农作物播种面积	负	
	森林覆盖率/%	森林覆盖率	正	
绿色产出	农作物成灾率/%	成灾面积/受灾面积	负	
	湿地面积占比/%	湿地面积/辖区面积	正	
	环保投入力度/%	环保投入经费/财政支出	正	
	自然保护区比例/%	自然保护区面积/省域面积	正	
绿色产出	休闲农业发展水平/%	休闲农业产值/农业总产值	正	
	绿色食品标志认证企业数量/个	绿色食品标志认证企业数量	正	
		绿色品种认证数量/个	绿色品种认证数量	正

2.2 计量模型设定

2.2.1 耦合协调度模型

由于农业经济与生态环境相互影响,故利用耦合协调度模型测度二者的协同水平,构建模型如式(1)所示。

$$C = 2 \sqrt{\frac{U1 \times U2}{(U1 + U2)^2}} \tag{1}$$

$$T = \alpha U1 + \beta U2 \tag{2}$$

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{3}$$

式中： U_1 ——农业经济水平；
 U_2 ——生态环境水平；
 C ——耦合度；
 T ——协调度；
 D ——耦合协调度；
 α 、 β ——待定系数。

设定 $\alpha=\beta=0.5$ ，并借鉴王淑佳等^[36]的经验，将耦合协调度进行等级划分，结果见表3。

表3 耦合协调等级划分
 Tab. 3 Coupling harmonization hierarchy

D	协调等级	D	协调等级
[0, 0.10)	极度失调	[0.50, 0.60)	勉强协调
[0.10, 0.20)	严重失调	[0.60, 0.70)	初级协调
[0.20, 0.30)	中度失调	[0.70, 0.80)	中级协调
[0.30, 0.40)	轻度失调	[0.80, 0.90)	良好协调
[0.40, 0.50)	濒临失调	[0.90, 1]	优质协调

2.2.2 基准回归模型

为检验数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响，构建模型如式(4)所示。

$$D_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DV_{it} + \alpha_2 X_{it} + v_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

式中： D_{it} ——农业经济与生态环境的协同性；

DV_{it} ——数字乡村建设；

X_{it} ——相关控制变量；

α_0 、 α_1 、 α_2 ——相关变量系数；

i ——省份；

t ——时间；

v ——个体效应；

c ——时间效应；

ϵ ——扰动项。

2.2.3 中介效应模型

为进一步探析数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响机理，借鉴温忠麟等^[37]的经验，构建中介效应模型如式(5)所示。

$$H_{it} = \beta_0 + \beta_1 DV_{it} + \beta_2 X_{it} + v_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

$$D_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DV_{it} + \lambda H_{it} + \gamma_2 X_{it} + v_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (6)$$

式中： H_{it} ——中介变量；

β_0 、 β_1 、 β_2 、 γ_0 、 γ_1 、 λ 、 γ_2 ——相关变量系数。

2.2.4 空间杜宾模型

为探究数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的空间溢出效应，选用空间杜宾模型对其进行回归估计，构建模型如式(7)所示。

$$D_{it} = \beta_0 + \rho W_{it} D_{it} + \alpha_1 DV_{it} + \beta_1 W_{it} DV_{it} + \alpha_2 X_{it} + \beta_2 W_{it} X_{it} + v_i + c_t + \epsilon_{it} \quad (7)$$

式中： ρ ——空间自相关系数；

W_{it} ——空间权重矩阵。

2.3 变量选取与数据来源

2.3.1 变量选取

1) 被解释变量：农业经济与生态环境协同性(D)。采用前文测算出的耦合协调度表示。

2) 控制变量：农村人力资本(HUM)：采用农村居民平均受教育年限表示。对外开放水平($OPEN$)：采用进出口贸易额占地区生产总值的比重表示。道路基础设施($ROAD$)：采用三、四级公路和等外公路长度与省域面积之比表示。农业机械化(AM)：采用农业机械总动力与农作物播种面积之比表示。金融发展水平(FDL)：采用金融业增加值与GDP之比表示。

3) 中介变量：投资调整(IA)：采用第一产业全社会固定资产投资额与第一产业总产值之比表示。产业转型升级(ITU)：采用第一、第二、第三产业增加值比重分别与1,2,3相乘后求和所得综合数值表示。科技创新($TECH$)：采用发明专利申请数与各地区人口数之比表示。

2.3.2 数据来源与描述性统计

数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《北京大学数字普惠金融指数(2011—2020年)》《中国淘宝村研究报告》《绿色食品统计年报》各省、自治区统计年鉴以及EPS数据库等，缺失数据采用插值法填补。相关变量描述性统计结果见表4。

表4 各变量描述性统计

Tab. 4 Descriptive statistics for each variable

类型	变量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	D	0.507	0.090	0.269	0.778
核心解释变量	DV	0.168	0.093	0.037	0.785
	HUM /年	7.758	0.601	5.863	9.731
	$OPEN$	0.253	0.267	0.007	1.458
控制变量	$ROAD$ / ($\text{kW} \cdot \text{km}^{-2}$)	0.787	0.402	0.080	2.026
	AM / ($\text{kW} \cdot \text{km}^{-2}$)	6.370	2.324	2.638	13.870
	FDL	0.069	0.032	0.020	0.199
	IA	0.417	0.359	0.014	2.494
中介变量	ITU	2.374	0.129	2.166	2.836
	$TECH$ / (件·万人 ⁻¹)	2.023	2.178	0.129	11.61

3 结果与分析

3.1 农业经济与生态环境协同性的时空演变

利用耦合协调度模型测算农业经济与生态环境耦合协调度，结果见表5。

表5 农业经济与生态环境耦合协调度

Tab. 5 Degree of harmonization of the coupling of the agricultural economy and the ecological environment

地区	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北京	0.522	0.546	0.570	0.589	0.602	0.617	0.634	0.646	0.698	0.712
天津	0.499	0.513	0.553	0.551	0.581	0.629	0.640	0.645	0.667	0.697
河北	0.383	0.407	0.431	0.452	0.481	0.498	0.515	0.530	0.533	0.540
山西	0.348	0.373	0.406	0.427	0.455	0.479	0.462	0.474	0.491	0.517
内蒙古	0.437	0.457	0.488	0.509	0.522	0.539	0.551	0.558	0.549	0.575
辽宁	0.443	0.473	0.496	0.510	0.524	0.524	0.527	0.547	0.541	0.565
吉林	0.415	0.434	0.458	0.475	0.489	0.507	0.521	0.536	0.514	0.545
黑龙江	0.426	0.453	0.478	0.492	0.519	0.533	0.563	0.566	0.564	0.619
上海	0.633	0.629	0.654	0.678	0.679	0.698	0.729	0.756	0.778	0.757
江苏	0.471	0.492	0.533	0.553	0.572	0.591	0.605	0.624	0.649	0.661
浙江	0.487	0.510	0.545	0.568	0.607	0.613	0.648	0.666	0.686	0.691
安徽	0.360	0.394	0.439	0.470	0.493	0.508	0.530	0.554	0.575	0.597
福建	0.435	0.456	0.497	0.519	0.543	0.559	0.568	0.598	0.649	0.656
江西	0.380	0.410	0.436	0.458	0.479	0.499	0.523	0.537	0.556	0.590
山东	0.441	0.463	0.486	0.504	0.522	0.553	0.569	0.584	0.585	0.599
河南	0.356	0.381	0.403	0.426	0.450	0.467	0.487	0.509	0.528	0.540
湖北	0.398	0.421	0.462	0.485	0.508	0.529	0.545	0.567	0.594	0.584
湖南	0.376	0.400	0.433	0.460	0.485	0.508	0.525	0.548	0.587	0.602
广东	0.476	0.487	0.503	0.512	0.530	0.544	0.554	0.578	0.606	0.592
广西	0.334	0.360	0.391	0.413	0.437	0.458	0.482	0.503	0.516	0.541
海南	0.420	0.452	0.480	0.505	0.535	0.555	0.573	0.609	0.621	0.634
重庆	0.382	0.413	0.444	0.460	0.481	0.505	0.537	0.561	0.630	0.650
四川	0.379	0.408	0.447	0.471	0.499	0.518	0.543	0.584	0.613	0.633
贵州	0.269	0.301	0.328	0.354	0.387	0.415	0.443	0.480	0.516	0.539
云南	0.305	0.336	0.362	0.388	0.412	0.430	0.451	0.479	0.519	0.534
陕西	0.354	0.377	0.406	0.426	0.452	0.468	0.488	0.514	0.550	0.563
甘肃	0.305	0.330	0.361	0.394	0.420	0.433	0.439	0.448	0.456	0.483
青海	0.400	0.419	0.465	0.486	0.502	0.518	0.528	0.554	0.579	0.592
宁夏	0.372	0.390	0.405	0.436	0.450	0.466	0.499	0.503	0.522	0.548
新疆	0.350	0.378	0.403	0.427	0.445	0.460	0.463	0.477	0.490	0.516
全国	0.405	0.429	0.459	0.480	0.502	0.521	0.538	0.558	0.579	0.596
东部	0.474	0.494	0.523	0.540	0.562	0.580	0.597	0.617	0.638	0.646
中部	0.382	0.408	0.439	0.462	0.485	0.504	0.520	0.537	0.551	0.574
西部	0.353	0.379	0.409	0.433	0.455	0.474	0.493	0.515	0.540	0.561

全国层面,农业经济与生态环境耦合协同水平呈稳步上升趋势,耦合协调度均值自2011年的0.405上升到2020年的0.596,年均增长率为4.386%,耦合协调等级从濒临失调提升至勉强协调,距优质协调仍有较大差距,存在一定上升空间。

区域层面,农业经济与生态环境协同水平在东部、中部、西部地区间存在显著差异,其中,东部地区协同水平最高,中部地区次之,西部地区最低。东部自2011年的0.474上升到2020年的0.646,达到初级协调水平;中部自2011年的0.382上升到2020年的0.574,达到勉强协调水平;西部自2011年的0.353上升到2020年的0.561,达到勉强协调水平。此外,

2020年东中西部地区间协同水平差距相较于2011年明显缩小,存在一定收敛趋势。

省际层面,各省农业经济与生态环境协同水平均有不同程度的提升,但省域间协同水平差异较大。2020年耦合协调度水平排名前十的省份中有7个东部省份,且仅有北京和上海达到中级协调水平,其耦合协调度值分别为0.712和0.757。产生这种差异的原因可能是东部地区在经济、技术、人才等方面具有优势,能够为农村发展提供充足的财政支持,并为农业生产带来先进的技术与管理模式,从而促使农业经济与生态环境更加协调。然而中西部地区资源禀赋较差,且农业生产多以粗放式经营为主,导致农业生产效率

低下与生态环境恶化,使得农业经济与生态环境协同发展受到阻碍。

综上所述,我国农业经济与生态环境协同水平在2011—2020年有所提升,但提升速率较低且各地区间协同水平差异仍较为显著,因此在推进农业农村现代化发展进程中,应高度重视农业经济与生态环境协同性问题。

3.2 基准回归结果分析

经 Hausman 检验结果表明固定效应模型更适用于该文研究,故采用面板固定效应模型进行估计回归,结果见表6。其中,表6列(1)为未加入控制变量的估计结果,表6列(2)~表6列(6)为依次加入控制变量的估计结果。无论是否加入控制变量,数字乡村建设均能显著提升农业经济与生态环境协同水平,且 R^2 值随着控制变量的加入而逐渐增大,说明解释变量与被解释变量间的相关性显著增强。其原因在于,首先,数字普惠金融凭借普惠性、包容性等优势,破除了农村地区融资难、融资慢、融资贵等难题,促进了农业经济发展;其次,数字信息平台的建设和互联网的普及,缓解了信息不对称约束,不仅提高了农业生产要素合理配置效率,也为就业和创业拓宽了渠道,从而实现经济与环境协调发展;最后,数字技术与农业农村深度融合,为农业生产、销售以及乡村治理等注入科技创新活力,从而全方位促进农业经济增长并推动生态绿色发展。假说1得到验证。

表6 基准回归结果

Tab. 6 Baseline regression results

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DV	0.361*** (45.02)	0.349*** (41.67)	0.362*** (41.49)	0.338*** (32.16)	0.338*** (32.16)	0.301*** (25.70)
HUM		0.058*** (3.80)	0.065*** (4.34)	0.060*** (4.14)	0.059*** (4.07)	0.047*** (3.41)
OPEN			0.176*** (4.09)	0.153*** (3.62)	0.172*** (4.00)	0.204*** (5.01)
ROAD				0.167*** (3.90)	0.159*** (3.70)	0.169*** (4.21)
AM					0.006** (2.05)	0.005* (1.86)
FDL						1.419*** (6.12)
Cons	-0.012 (-0.79)	-0.484*** (-3.87)	-0.556*** (-4.53)	-0.694*** (-5.57)	-0.716*** (-5.76)	-0.803*** (-6.84)
观测值	300	300	300	300	300	300
R^2	0.883	0.889	0.895	0.901	0.903	0.915

注: *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平下显著。括号内为标准误。下同。

控制变量方面,农村人力资本、对外开放水平、道路基础设施、农业机械化以及金融发展水平对农业经济与生态环境协同水平的提升均具有促进作用。可能是因为随着农村人力水平的提高,农户更容易接受先进的生产技术和绿色理念,推动了传统农业改造升级,

形成高效、绿色、集约的生产模式,实现农业经济与生态环境协同发展。对外开放水平的提高扩增了农产品贸易规模,促进了农业经济增长,并且为满足人们对优质农产品的需求,粗放、低效的传统农业将向绿色、高效的现代农业转变,从而促进农业绿色发展。道路基础设施的改善显著提升了物流效率,拉近了城乡间的距离,为农产品向城市运输以及智慧农业设备下沉乡村创造了有利条件,从而加快农业经济增长和农业绿色产出。农业机械化水平的提升有效缓解了农村劳动力不足的约束,并实现农业精细化生产,不仅提高了农业生产效率,同时降低了农业污染,以此促进经济与环境协调发展。金融发展水平的提升为农业生产高效开展提供了资金支持,使农户有能力购买优质农资,并提高其采纳农业绿色生产技术的意愿,最终实现农业经济增长与农业绿色发展“双赢”局面。

3.3 稳健性检验与内生性讨论

3.3.1 稳健性检验

为进一步证实结果的可靠性,采用以下方法进行稳健性检验。(1)替换模型。由于测度的协同水平(因变量)的取值范围存在截断特征,故选用固定效应 Tobit 模型进行回归估计,结果见表7列(1)。数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响显著为正,与基准回归结果一致。(2)替换核心解释变量。将数字乡村建设滞后一期作为核心解释变量进行回归估计,结果见表7列(2)。数字乡村建设滞后一期对农业经济与生态环境协同性的影响系数在 1% 水平下显著为正,表明数字乡村建设存在“滞后效应”,即当期农业经济与生态环境协同水平受上期数字乡村建设正向影响。(3)删除直辖市样本。删除北京、天津、上海、重庆 4 个直辖市样本,将剩余样本进行估计回归,结果见表7列(3)。数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响系数在 1% 水平下显著为正,表明数字乡村建设能够提升农业经济与生态环境协同水平这一结论是稳健的。

3.3.2 内生性讨论

鉴于解释变量与被解释变量可能会相互影响、互为因果,从而存在内生性问题,故采用以下方法进行讨论。(1)工具变量法。借鉴现有研究^[38, 39],选择滞后一期的互联网用户数与 1984 年人均邮电业务量的交乘项、1984 年每百人固定电话数与滞后一期的互联网普及率的交乘项作为数字乡村建设的工具变量,利用 2SLS 进行回归估计,结果见表7列(4)、表7列(5)。不可识别检验和弱工具变量检验在 1% 水平下显著,说明所选工具变量较为合理。考虑内生性问题后,数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响仍显著为正。(2)差分 GMM。借鉴郝云平等^[40]的经验,采

用差分广义矩估计进行回归分析以解决内生性问题，结果见表7列(6)。数字乡村建设的回归系数为0.163，在1%水平下显著为正，表明数字乡村建设能够有效提升农业经济与生态环境协同水平。

表7 稳健性检验与内生性讨论

Tab. 7 Robustness tests and endogeneity discussion

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>L.D</i>						0.528*** (5.36)
<i>DV</i>	0.307*** (28.31)		0.348*** (26.17)	0.380*** (22.90)	0.382*** (24.64)	0.163*** (3.75)
<i>L.DV</i>		0.283*** (23.76)				
<i>HUM</i>	0.037*** (2.85)	0.033** (2.48)	0.031** (1.99)	0.039*** (2.62)	0.039*** (2.59)	0.009 (1.06)
<i>OPEN</i>	0.130*** (3.39)	0.141*** (3.21)	0.462*** (8.63)	0.271*** (6.02)	0.273*** (6.08)	-0.023 (-0.41)
<i>ROAD</i>	0.106*** (3.22)	0.171*** (4.15)	0.103** (2.07)	0.028 (0.60)	0.023 (0.50)	0.074* (1.79)
<i>AM</i>	0.003 (1.13)	0.005* (1.78)	0.006** (2.12)	0.007** (2.36)	0.007** (2.37)	0.002 (1.04)
<i>FDL</i>	1.281*** (5.76)	1.014*** (4.20)	0.676** (2.51)	0.570** (2.06)	0.540** (2.00)	-0.544** (-2.05)
<i>Cons</i>	-0.625*** (-5.51)	-0.651*** (-5.62)	-0.538*** (-3.90)	-0.453*** (-3.34)	-0.441*** (-3.29)	
<i>Anderson LM</i>				157.607***	181.764***	
<i>C-D</i>				370.204***	543.831***	
<i>Wald F</i>						
<i>AR(1)</i>						0.004
<i>ρ</i> 值						0.682
<i>AR(2)</i>						0.361
<i>ρ</i> 值						0.413
<i>Sargan</i>						
检验 <i>ρ</i> 值						
<i>Hansen</i>						
检验 <i>ρ</i> 值						
观测值	300	270	260	300	300	270
<i>R</i> ²		0.900	0.928	0.900	0.899	

注：*L.D*表示农业经济与生态环境协同性滞后一期，*L.DV*表示数字乡村建设滞后一期。

3.4 异质性分析

为探析数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响是否存在区域异质性，将该文研究样本划分为东部地区、中部地区和西部地区，分别进行回归估计，结果见表8。数字乡村建设能够提升不同地区的农业经济与生态环境协同水平，但存在显著的差异性。其中，数字乡村建设对东部地区协同水平的影响系数为0.184，对中部地区的影响系数为0.396，对西部地区的影响系数为0.448，均在1%水平下显著为正。产生这种差异性可能是由于东部地区在数字基础设施建设、农户数字素养以及农业经济与生态环境协同水平等方面均优于中西部地区，故东部地区推动数字乡村建设所带来的边际效用较小。然而，中西部地区无论是经济发展水平还是数字技术普及程度都落后于东部地区，因此，基于边际收益递增规律，数字乡村建设对提高中西部地区农业经济与生态环境协同水平具有更强的边际效益。

表8 异质性分析

Tab. 8 Heterogeneity analysis

变量	东部地区	中部地区	西部地区
<i>DV</i>	0.184*** (12.17)	0.396*** (23.65)	0.448*** (34.83)
<i>HUM</i>	0.033* (1.89)	0.039** (2.06)	0.011 (0.76)
<i>OPEN</i>	-0.008 (-0.17)	-0.186 (-1.03)	0.018 (0.21)
<i>ROAD</i>	0.192*** (2.69)	0.035 (0.89)	0.079** (2.10)
<i>AM</i>	0.004 (1.20)	-0.005** (-2.18)	0.001 (0.09)
<i>FDL</i>	1.811*** (5.88)	0.007 (0.02)	-0.181 (-0.74)
<i>Cons</i>	-0.916*** (-5.77)	-0.217 (-1.25)	0.031 (0.26)
观测值	110	80	110
<i>R</i> ²	0.901	0.978	0.981

3.5 作用机制检验

1) 投资调整。利用逐步回归法检验数字乡村建设的投资调整效应对农业经济与生态环境协同性的作用路径，结果见表9。

表9 数字乡村建设的投资调整效应对农业经济与生态环境协同性的影响路径检验

Tab. 9 Path test of the investment adjustment effect of digital village construction on the synergy between agricultural economy and ecological environment

变量	<i>IA</i>	<i>D</i>
<i>DV</i>	1.131*** (11.03)	0.250*** (19.18)
<i>IA</i>		0.045*** (6.97)
<i>HUM</i>	-0.277* (-2.30)	0.059*** (4.64)
<i>OPEN</i>	1.690*** (4.74)	0.128*** (3.28)
<i>ROAD</i>	-1.017*** (-2.88)	0.215*** (5.72)
<i>AM</i>	0.085*** (3.54)	0.001 (0.49)
<i>FDL</i>	-1.192 (-0.59)	1.473*** (6.90)
<i>Cons</i>	3.014*** (2.93)	-0.939*** (-8.55)
观测值	300	300
<i>R</i> ²	0.442	0.928
<i>Sobel Z</i>		4.642
中介效应占比		0.169

数字乡村建设能够带动投资调整并提升农业经济与生态环境协同水平，且投资调整对农业经济与生态环境协同性也存在显著的正向影响，此外，加入投资调整后，数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响系数变小，说明投资调整发挥了部分中介作用，其中介效应占比为16.9%，并通过Sobel检验，表明数字乡村建设能够通过投资调整提升农业经济与生态环境协同水平。假说1a得到验证。

2) 产业转型升级。由表 10 可知,数字乡村建设能够推进产业转型升级并提升农业经济与生态环境协同水平,且产业转型升级对农业经济与生态环境协同性也存在显著的正向影响,此外,加入产业转型升级后,数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响系数变小,说明产业转型升级发挥了部分中介作用,其中介效应占比为 8.9%,并通过 Sobel 检验,表明数字乡村建设能够通过加快产业结构转型升级提升农业经济与生态环境协同水平。假说 1b 得到验证。

表 10 数字乡村建设的产业转型升级效应对农业经济与生态环境协同性的影响路径检验

Tab. 10 Path test of the industrial transformation and upgrading effect of digital village construction on the synergy of agricultural economy and ecological environment

变量	ITU	D
DV	0.036*** (9.73)	0.274*** (20.63)
ITU		0.744*** (3.94)
HUM	0.001(0.2)	0.046*** (3.45)
OPEN	0.035*** (2.68)	0.178*** (4.44)
ROAD	0.053*** (4.13)	0.130*** (3.22)
AM	-0.001(-1.54)	0.006** (2.28)
FDL	0.787*** (10.70)	0.833*** (3.08)
Cons	0.829*** (22.25)	-1.420*** (-7.33)
观测值	300	300
R ²	0.791	0.919
Sobel Z		9.477
中介效应占比		0.089

3) 科技创新。由表 11 可知,数字乡村建设能够显著提升科技创新和农业经济与生态环境协同水平,且科技创新对农业经济与生态环境的协同性也存在显著的正向影响。

表 11 数字乡村建设的科技创新效应对农业经济与生态环境协同性的影响路径检验

Tab. 11 Path test of the science and technology innovation effect of digital village construction on the synergy of agricultural economy and ecological environment

变量	TECH	D
DV	0.942*** (13.39)	0.246*** (17.28)
TECH		0.058*** (6.07)
HUM	-0.045(-0.54)	0.049*** (3.83)
OPEN	0.301(1.23)	0.187*** (4.87)
ROAD	0.425* (1.76)	0.145*** (3.81)
AM	-0.012(-0.75)	0.006** (2.26)
FDL	9.639*** (6.92)	0.857*** (3.62)
Cons	1.343* (1.90)	-0.882*** (-7.94)
观测值	300	300
R ²	0.785	0.925
Sobel Z		11.18
中介效应占比		0.182

此外,加入科技创新后,数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响系数变小,说明技术创新发挥了部分中介作用,其中介效应占比为 18.2%,并通过 Sobel 检验,表明数字乡村建设能够通过促进科技创新提升农业经济与生态环境协同水平。假说 1c 得到验证。

3.6 空间溢出效应分析

(1)空间相关性分析。进行空间回归分析前首先需检验其是否存在空间相关性,因此,利用 Stata 16.0 测算数字乡村建设和农业经济与生态环境协同性的全局莫兰指数,结果见表 12。数字乡村建设和农业经济与生态环境协同性的全局莫兰指数均显著为正,存在显著的正空间自相关性。(2)空间计量分析。该文选用时空双固定效应空间杜宾模型进行回归分析,结果见表 13。

表 12 数字乡村建设与农业经济和生态环境耦合协同的空间相关性检验

Tab. 12 Spatial correlation test for coupled synergy of digital village construction with agricultural economy and ecological environment

年份	数字乡村建设		农业经济与生态环境协同性	
	Moran's I	P 值	Moran's I	P 值
2011	0.410	0.000	0.427	0.000
2012	0.447	0.000	0.446	0.000
2013	0.468	0.000	0.448	0.000
2014	0.471	0.000	0.449	0.000
2015	0.386	0.000	0.485	0.000
2016	0.324	0.002	0.473	0.000
2017	0.259	0.007	0.468	0.000
2018	0.201	0.025	0.442	0.000
2019	0.190	0.030	0.433	0.000
2020	0.160	0.065	0.398	0.000

表 13 空间杜宾模型各变量空间效应分解

Tab. 13 Decomposition of the spatial effects of the variables of the spatial Durbin model

空间矩阵	邻近矩阵	经济地理 嵌套矩阵	地理矩阵 平方倒数
直接效应	0.097*** (5.92)	0.099*** (6.38)	0.090*** (5.98)
间接效应	0.125*** (3.26)	0.364** (2.14)	0.147*** (3.03)
总效应	0.222*** (4.64)	0.463*** (2.64)	0.237*** (4.27)
控制变量	YES	YES	YES
W×控制变量	YES	YES	YES
ρ	0.389*** (6.18)	0.513*** (4.18)	0.305*** (3.31)
Σ_2_e	0.001*** (12.07)	0.001*** (12.07)	0.001*** (12.14)
Log-L	689.400	672.732	685.387
观测值	300	300	300
R ²	0.583	0.566	0.600

不同矩阵下数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的直接效应、间接效应、总效应均在1%和5%水平下显著为正,表明数字乡村建设能够提升本地区及周边地区农业经济与生态环境的协同性。因此,未来应深入实施数字乡村发展行动,充分发挥数字经济和数字技术的扩散效应、示范效应,促进资本、技术、劳动力等要素跨区域流动,最终实现各区域农业经济与生态环境协调发展。假说2得到验证。

4 结论与建议

4.1 结论

基于2011—2020年中国30个省级面板数据(西藏和港澳台除外),探析数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响及作用机理。

1) 农业经济与生态环境协同性不断提高,但距离优质协调仍存在一定差距,且协同水平整体呈东部地区高、中西部地区低的不均衡格局。

2) 数字乡村建设能够提升农业经济与生态环境协同水平,经过内生性讨论与稳健性检验后该结论依旧成立,且促进作用在中西部地区更加显著。

3) 中介效应结果表明,数字乡村建设能够通过推进科技创新、促进产业转型升级和带动投资调整3种路径提升农业经济与生态环境协同水平。

4) 数字乡村建设对农业经济与生态环境协同性的影响存在显著的正向空间溢出效应,即数字乡村建设能够提升本地区和周边地区的农业经济与生态环境协同水平。

4.2 建议

1) 推动乡村数字基础设施建设和传统基础设施数字化转型升级。加大对农村地区5G基站、千兆光纤、物联网等数字基础设施建设的投入,提高农村网络覆盖率,为数字技术赋能乡村创造良好的应用环境。加快乡村电力、水利、道路、机械等数字化改造,为发展农村电商、智慧农业等筑牢基础,进一步提升农业农村数字化、智能化和网络化水平。

2) 提升乡村居民数字素养与技能,为农业经济与生态环境协调发展创造内生动力。采取线上、线下相结合方式,开展多元化、多层次的数字知识与技能培训,打造一支懂管理、善创新的数字化人才队伍,充分运用数字技术为农业经济与生态环境协调发展注入新动能。

3) 因地制宜建设数字乡村,加强区域间数字信息和技术交流。一方面,东部地区应发挥经济、科技、人才等方面的优势,提高数字技术创新能力,加快新型数字科技成果转化;针对中西部地区应适当给予财政支持,补齐乡村数字化短板,充分激发该地区数字活力。

另一方面,应创建区域协作机制,打造互联互通的数字信息平台,促进资本、技术、人才、信息等跨区域流动,实现各地区农业经济与生态环境协调发展。

4) 疏通数字乡村建设促进农业经济与生态环境协调发展的作用机理,充分发挥数字乡村建设的赋能作用。理论和实证均表明投资调整、产业转型升级、科技创新在数字乡村建设推动农业经济与生态环境协调发展过程中能够发挥关键作用,因此,未来应继续深化科技创新,引导生产要素向绿色高效产业转移,并不断优化投资结构,提高投资效率和规模。

参 考 文 献

- [1] 杨国华,段永蕙,崔蕾. 山西省农业生态效率县域差异及影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2023, 44(3): 70-78.
Yang Guohua, Duan Yonghui, Cui Lei. Analysis of county differences and influencing factors of agricultural ecological efficiency in Shanxi Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2023, 44(3): 70-78.
- [2] 蒋辉,张驰,蒋和平. 中国农业经济韧性对农业高质量发展的影响效应与机制研究[J]. 农业经济与管理, 2022(1): 20-32.
Jiang Hui, Zhang Chi, Jiang Heping. Study on effect and mechanism of China's agricultural economic resilience on agricultural high quality development [J]. Agricultural Economics and Management, 2022(1): 20-32.
- [3] 郭海红,李树超. 环境规制、空间效应与农业绿色发展[J]. 研究与发展管理, 2022, 34(2): 54-67.
- [4] 张昆扬,张改清,韩嫣,等. 农机作业服务对农业生态效率的影响:本地效应与空间溢出[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(3): 223-237.
Zhang Kunyang, Zhang Gaiqing, Han Yan, et al. Impact of agricultural machinery services on agro-ecological efficiency: Local effects and spatial spillovers [J]. Journal of China Agricultural University, 2023, 28(3): 223-237.
- [5] Beckerman W. Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment? [J]. World Development, 1992, 20(4): 81-96.
- [6] Grossman M G, Krueger B A. Economic growth and the environment [J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.
- [7] 徐军委. “双碳”目标下经济高质量发展与生态环境保护协同发展研究——以京津冀地区为例[J]. 经济体制改革, 2023, 238(1): 61-69.
- [8] 周雪娇,杨琳. 基于创新驱动的区域经济与生态环境协调发展的研究[J]. 经济问题探索, 2018(7): 174-183.
- [9] 张鑫,张心灵,袁小龙. 环境规制对生态环境与经济发展协调关系影响的实证检验[J]. 统计与决策, 2022, 38(2): 77-81.
Zhang Xin, Zhang Xinling, Yuan Xiaolong. An empirical test

- of the impact of environmental regulation on the coordinated relationship between ecological environment and economic development [J]. *Statistics & Decision*, 2022, 38(2): 77-81.
- [10] 王军, 宋纪薇. 物流业对经济增长与生态环境协调发展的影响研究[J]. *北京交通大学学报(社会科学版)*, 2023, 22(1): 90-101.
Wang Jun, Song Jiwei. Study on the influence of logistics industry on the coordinated development of economic growth and ecological environment [J]. *Journal of Beijing Jiaotong University (Social Sciences Edition)*, 2023, 22(1): 90-101.
- [11] 李强, 韦薇. 长江经济带经济增长质量与生态环境优化耦合协调度研究[J]. *软科学*, 2019, 33(5): 117-122.
- [12] 任保平, 杜宇翔. 黄河流域经济增长—产业发展—生态环境的耦合协同关系[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(2): 119-129.
- [13] 秦芳, 王剑程, 胥芹. 数字经济如何促进农户增收?——来自农村电商发展的证据[J]. *经济学(季刊)*, 2022, 22(2): 591-612.
- [14] 汪亚楠, 徐枫, 叶欣. 数字乡村建设能推动农村消费升级吗? [J]. *管理评论*, 2021, 33(11): 135-144.
- [15] 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.
- [16] 田红宇, 关洪浪. 数字经济对粮食生产碳排放的影响研究——来自长江经济带 108 个地级市的经验证据[J]. *中国农业资源与区划*, 2023, 44(8): 145-157.
- [17] 齐文浩, 李明杰, 李景波. 数字乡村赋能与农民收入增长: 作用机理与实证检验——基于农民创业活跃度的调节效应研究[J]. *东南大学学报(哲学社会科学版)*, 2021, 23(2): 116-125, 148.
Qi Wenhao, Li Mingjie, Li Jingbo. The mechanism and empirical examination of digital empowerment and rural income growth: A study on the moderating effect: Based on rural residents' entrepreneurial activity [J]. *Journal of Southeast University (Philosophy and Social Science)*, 2021, 23(2): 116-125, 148.
- [18] 杜建军, 章友德, 刘博敏, 等. 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*, 2023, 33(2): 165-175.
Du Jianjun, Zhang Youde, Liu Bomin, et al. Impact of digital village construction on agricultural green total factor productivity and its mechanisms [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2023, 33(2): 165-175.
- [19] 何淑婷, 王秀丽, 李程秀, 等. 河南省水—能源—粮食—土地系统耦合协调性研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2023, 44(12): 116-130.
He Shuting, Wang Xiuli, Li Chengxiu, et al. Study on the coupling coordination of water-energy-food-land system in Henan Province [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2023, 44(12): 116-130.
- [20] 杨昕, 赵守国. 数字经济赋能区域绿色发展的低碳减排效应[J]. *经济与管理研究*, 2022, 43(12): 85-100.
Yang Xin, Zhao Shouguo. Low-carbon emission reduction effect of digital economy empowering regional green development [J]. *Research on Economics and Management*, 2022, 43(12): 85-100.
- [21] 张彦彦, 胡善成. 数字普惠金融对经济与环境协调发展的影响研究——创新驱动的中介效应[J]. *软科学*, 2023, 37(9): 23-30.
- [22] 张岳, 张博, 周应恒. 数字乡村建设对农民收入的影响——基于收入水平与收入结构的视角[J]. *农林经济管理学报*, 2023, 22(3): 350-358.
Zhang Yue, Zhang Bo, Zhou Yingheng. Impact of digital village construction on farmers' income: Based on the perspective of income level and income structure [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2023, 22(3): 350-358.
- [23] 孟维福, 李莎, 刘婧涵, 等. 数字普惠金融促进乡村振兴的影响机制研究[J]. *经济问题*, 2023(3): 102-111.
- [24] 孙文婷, 刘志彪. 数字经济、城镇化和农民增收——基于长江经济带的实证检验[J]. *经济问题探索*, 2022(3): 1-14.
- [25] 孙光林, 李婷, 莫媛. 数字经济对中国农业全要素生产率的影响[J]. *经济与管理评论*, 2023, 39(1): 92-103.
Sun Guanglin, Li Ting, Mo Yuan. The impact of digital economy on China's agricultural total factor productivity [J]. *Review of Economy and Management*, 2023, 39(1): 92-103.
- [26] 史常亮. 数字乡村建设赋能农民增收: 直接影响与空间溢出[J]. *湖南社会科学*, 2023(1): 67-76.
- [27] 周清香, 李仙娥. 数字经济与农业高质量发展: 内在机理与实证分析[J]. *经济体制改革*, 2022(6): 82-89.
- [28] 刘灵辉, 张迎新, 毕洋铭. 数字乡村助力乡村振兴: 内在机制与实证检验[J]. *世界农业*, 2022(8): 51-65.
- [29] 高歌, 何启志. 数字乡村对中国农业现代化效率的空间效应及影响机制[J]. *农林经济管理学报*, 2023, 22(3): 272-282.
Gao Ge, He Qizhi. Spatial effect of digital countryside on efficiency of agricultural modernization in China and influencing mechanism [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2023, 22(3): 272-282.
- [30] 王松茂, 尹延晓. 数字经济对城乡融合具有空间溢出效应吗?——以长江经济带 11 省(市)为例[J]. *农林经济管理学报*, 2022, 21(6): 725-735.
Wang Songmao, Yin Yanxiao. Does digital economy have spatial spillover effect on urban-rural

- integration? A case study of the Yangtze River economic belt [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2022, 21(6): 725-735.
- [31] 孟维福,任碧云. 数字金融对农村产业融合的影响机制和空间效应[J]. *西南民族大学学报(人文社会科学版)*, 2023, 44(3): 96-106.
Meng Weifu, Ren Biyun. Influence mechanism and spatial effect of digital finance on rural industrial integration [J]. *Journal of Southwest Minzu University (Humanities and Social Sciences Edition)*, 2023, 44(3): 96-106.
- [32] 朱红根,陈晖. 中国数字乡村发展的水平测度、时空演变及推进路径[J]. *农业经济问题*, 2023(3): 21-33.
Zhu Honggen, Chen Hui. Measurement, spatial-temporal evolution and promotion path of digital village development in China [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2023(3): 21-33.
- [33] 赖启福,李虎峰,李春硕,等. 农村劳动力要素配置、农业农村现代化与农村经济发展——基于省际面板数据的PVAR分析[J]. *农林经济管理学报*, 2023, 22(2): 203-212.
Lai Qifu, Li Hufeng, Li Chunshuo, et al. Allocation of labor force factor, agricultural and rural modernization, rural economic development: PVAR analysis based on inter provincial panel data [J]. *Journal of Agro-Forestry Economics and Management*, 2023, 22(2): 203-212.
- [34] 吴强,徐宣国,张园园. 中国农业绿色生产水平测度、地区差异及动态演化趋势分析[J]. *统计与决策*, 2023, 39(6): 109-113.
- [35] 喻保华,王肖杨,宋春晓,等. 中国农业绿色发展时空演化及耦合协调研究[J]. *生态经济*, 2023, 39(5): 132-139.
Yu Baohua, Wang Xiaoyang, Song Chunxiao, et al. Research on spatio-temporal evolution and coupling coordination of agricultural green development in China [J]. *Ecological Economy*, 2023, 39(5): 132-139.
- [36] 王淑佳,孔伟,任亮,等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(3): 793-810.
Wang Shujia, Kong Wei, Ren Liang, et al. Research on misuses and modification of coupling coordination degree model in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(3): 793-810.
- [37] 温忠麟,叶宝娟. 中介效应分析:方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5): 731-745.
- [38] 刘潭,徐璋勇,张凯莉. 数字金融对经济发展与生态环境协同性的影响[J]. *现代财经(天津财经大学学报)*, 2022, 42(2): 21-36.
- [39] 郝爱民,谭家银. 数字乡村建设对我国粮食体系韧性的影响[J]. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2022, 21(3): 10-24.
Hao Aimin, Tan Jiayin. Impact of digital rural construction on food system resilience [J]. *Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition)*, 2022, 21(3): 10-24.
- [40] 郝云平,张兵. 数字金融发展的共同富裕效应研究——基于281个地级市的经验证据[J]. *经济问题探索*, 2023(3): 41-55.
Hao Yunping, Zhang Bing. A study of the common prosperity effect of digital financial development: Empirical evidence based on 281 cities [J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2023(3): 41-55.
- (上接第321页)
- [24] 林文声,王志刚,王美阳. 农地确权、要素配置与农业生产效率——基于中国劳动力动态调查的实证分析[J]. *中国农村经济*, 2018(8): 64-82.
Lin Wensheng, Wang Zhigang, Wang Meiyang. Land registration and certification, production factor allocation and agricultural production efficiency: An analysis based on China labor-force dynamics survey [J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(8): 64-82.
- [25] 何秀荣. 关于我国农业经营规模的思考[J]. *农业经济问题*, 2016, 37(9): 4-15.
He Xiurong. Thoughts on the scale of agricultural operation in China [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2016, 37(9): 4-15.
- [26] 钟甫宁. 正确认识粮食安全和农业劳动力成本问题[J]. *农业经济问题*, 2016, 37(1): 4-9, 110.
- [27] 李旻,赵连阁. 农业劳动力“老龄化”现象及其对农业生产的影响——基于辽宁省的实证分析[J]. *农业经济问题*, 2009, 30(10): 12-18, 110.
- [28] 张忠军,易中懿. 农业生产性服务外包对水稻生产率的影响研究——基于358个农户的实证分析[J]. *农业经济问题*, 2015, 36(10): 69-76.
- [29] 罗必良. 小农经营、功能转换与策略选择——兼论小农户与现代农业融合发展的“第三条道路”[J]. *农业经济问题*, 2020(1): 29-47.
- [30] Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data [J]. *Empirical Economics*, 1995, 20(2): 325-332.
- [31] 邱海兰,罗明忠,唐超. 农机社会化服务采纳、效率提升与农户相对贫困缓解:基于城乡比较视角[J]. *农村经济*, 2021(5): 109-117.
- [32] 胡霞,周旭海,罗崇佳. 农户采纳农机社会化服务对耕地撂荒的抑制效应研究[J]. *宁夏社会科学*, 2022(1): 111-122.
Hu Xia, Zhou Xuhai, Luo Chongjia. Research on the inhibitory effect of farmers' adoption of socialized agricultural machinery service on farmland abandonment [J]. *Ningxia Social Sciences*, 2022(1): 111-122.
- [33] 罗必良. 农业供给侧改革的关键、难点与方向[J]. *农村经济*, 2017(1): 1-10.