

胡莉莉,马意伟,孙晓娟.数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响[J].中国沙漠,2026,46(3):163-174.

数字经济对黄河流域农业生态产品 价值实现效率的影响

胡莉莉^a,马意伟^a,孙晓娟^b

(兰州财经大学 a.经济学院, b.统计与数据科学学院,甘肃 兰州 730020)

摘要:为探究数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响,进而提升黄河流域的农业生态产品价值实现效率,本文基于黄河流域九省(区)2011—2024年的面板数据,应用熵权法测算数字经济发展水平,运用Suer-SBM模型测算农业生态产品价值实现效率,构建双向固定效应模型、中介效应模型及空间杜宾模型进行实证检验。结果表明:(1)黄河流域数字经济发展水平和农业生态产品价值实现效率在研究期内均呈波动上升趋势,但不同省份间的发展差距在扩大。(2)数字经济能显著促进黄河流域农业生态产品价值实现效率提升,尤其在黄河流域下游地区的影响效果更为明显。(3)数字经济通过技术创新和产业结构升级提升黄河流域农业生态产品价值实现效率。(4)数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率过程中存在正向空间溢出效应,能推动邻近省份农业生态产品价值实现效率上升。

关键词:数字经济;农业生态产品价值实现效率;黄河流域;技术创新;产业结构升级

文章编号: 1000-694X(2026)03-163-12 **DOI:** 10.7522/j.issn.1000-694X.2026.00038

中图分类号: F323.3

0 引言

农业生态产品价值实现是新时代加快中国农业发展方式绿色转型、农业经济高质量发展和推动“绿水青山就是金山银山”价值转化的重要抓手^[1]。农业生态产品价值包括物质产品价值、调节服务价值和休闲文化价值^[1],其价值实现推动农业生态价值向经济价值转变^[2]。数字经济凭借其高效性、渗透性与共享性^[3-4],可有效破解农业生态产品价值实现中资源错配、时间错配、空间错配等难题^[5],助力农业生态产品价值实现。黄河流域作为中国历史悠久的农耕文明发源地和重要的生态屏障,承担着农业发展与生态保护的双重任务。因此,深入分析数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响,具有重要的理论价值和实践意义。

现有研究围绕农业生态产品价值的概念内涵、核算标准及实现路径等方面取得了丰富成果^[2,6-7],

并提出可通过推进大数据赋能和发展新质生产力等提高农业生态产品价值实现效率^[8-9]。为深入探究数字经济与生态经济的内在关系,中国学者聚焦数字技术与生态产品价值实现^[3]、数字乡村建设与生态产品价值实现效率^[10]、数字普惠金融与农业全要素生产率^[11]、数字经济与绿色发展效率^[12]等相关议题,发现数字经济可以显著促进生态经济发展^[13]。然而,部分学者已对黄河流域生态产品价值核算、农业绿色发展、农业生态效率等方面展开分析^[14-17],但缺乏数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率的作用机制与空间溢出效应研究。因此,本文基于黄河流域九省(区)2011—2024年的面板数据,运用熵权法和Super-SBM模型对数字经济和农业生态产品价值实现效率分别进行测算,实证检验数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响。

收稿日期:2026-01-16; 改回日期:2026-03-08

资助项目:甘肃省哲学社会科学规划项目(2025YB007)

作者简介:胡莉莉(1982—),女,甘肃陇南人,博士,副教授,研究方向为生态经济与区域可持续发展。E-mail: hull@lzufe.edu.cn

通信作者:孙晓娟(E-mail: sunxj1969@163.com)

1 理论分析与研究假说

1.1 数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响

农业生态产品作为生态友好型产品,可划分为物质供给类、调节服务类和文化服务类^[6],对应的价值包括物质供给价值、调节服务价值和休闲文化价值^[1]。数字经济依托数据要素的边际收益递增特性及农业生态系统的数字化重构^[16],可提升黄河流域农业生态产品价值实现效率。具体而言,遥感监测及物联网、人工智能等数字技术的应用可实现对农业生产全过程的精细化管控,优化农业生产要素配置,从而提高农业生产效率,推动农业生态产品物质供给价值提质增效。同时,通过数字征信平台可整合农业经营主体的生态绩效与生产数据,降低绿色金融服务的信息不对称成本,引导信贷、债券等资金定向流向生态种植、碳汇农业等领域,并依托区块链技术明确产权,构建碳汇交易平台,从而促进农业生态产品实现调节服务价值。此外,电商直播、数字营销等数字化传播渠道打破了传统宣传模式的地理与信息壁垒,提高了文化服务类农业生态产品的市场认可度,并精准对接有休闲或科普需求的消费群体,实现供需对接高效化,从而促进农业生态产品休闲文化价值实现。因此,本文提出假说1:数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率产生正向影响。

1.2 数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的作用机制

1.2.1 数字经济推动技术创新

数字经济发展能够显著提升技术创新效率^[18],而技术创新是推动农业生态产品价值实现的新引擎^[13]。在技术研发环节,物联网、大数据等数字技术提供的实时生态数据为绿色技术研发提供精准支撑^[19],且数字孪生技术可模拟不同技术方案的生态效益,从而降低试错成本,促进绿色技术创新;在技术转化环节,数字平台整合农业企业、科研机构、农户等主体,构建“产学研用”协同创新体系,加速智能节水灌溉、生态循环种植等绿色技术的落地应用;在技术扩散环节,以短视频、在线培训等数字渠道打破技术传播的地理限制,让偏远地区农户也能快速掌握绿色生产技术^[20]。技术创新的深化能够提升农业生态产品的产量与质量,加速黄河流域农

业生态产品价值的转化与实现。因此,本文提出假说2:数字经济通过推动技术创新提升黄河流域农业生态产品价值实现效率。

1.2.2 数字经济推动产业结构升级

数字经济发展可有效推动产业结构向绿色化、高级化升级^[21],而产业结构升级可通过优化资源配置和延伸价值链,加速农业与第二、三产业的融合渗透,为农业生态产品价值增值提供结构性支撑。具体而言,一方面,数据要素与智能技术深度嵌入农业全链条,推动农业与数字服务业融合,催生出智慧农业咨询、生态价值核算服务等新业态,提升农业生产的专业化、信息化水平;另一方面,电商直播、大数据技术则可精准挖掘市场需求,推动传统种植业向生态旅游、特色农业拓展,并开发出线上生态观光、虚拟农耕体验等新型生态产品,延伸农业生态价值链。产业结构升级能提高农业生态资源的配置效率^[22],减少高耗低效产业的资源占用,并通过业态创新强化农业生态产品的经济与社会价值,推动黄河流域农业生态优势向价值优势转化。因此,本文提出假说3:数字经济通过推动产业结构升级提升黄河流域农业生态产品价值实现效率。

1.3 数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的空间溢出效应

数字经济依托数字信息的无边界特性^[23],可以突破地理距离限制,推动数据、技术、资本、市场等关键要素在黄河流域各省份间流动,并为邻近省份农业生态产品价值实现提供外溢支撑^[24]。一方面,邻近省份可共享物联网监测的土壤固碳、水源涵养等数据资源,降低技术研发与应用成本。同时,跨境电商等数字渠道可助力形成区域联动销售网络,带动邻近省份农业生态产品借助成熟流量渠道拓展市场,放大规模效应。另一方面,传统区域发展中存在的农业生态资源争夺、市场分割等问题,一定程度上抑制了农业生态产品价值实现效率的协同提升,而区块链跨区域生态账户、数字碳汇交易平台等可促进地区间的生态合作,缓解“以邻为壑”的竞争困境。可见,数字经济通过要素共享、渠道联动与协同治理,推动黄河流域农业生态产品价值实现效率的正向空间扩散。因此,本文提出假说4:数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率存在正向空间溢出效应。

数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率的理论分析框架如图1所示。

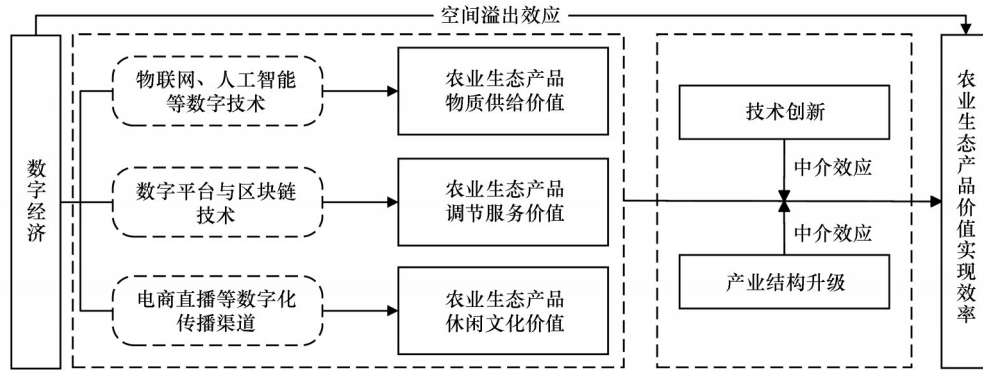


图1 数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率的理论分析框架

Fig. 1 Theoretical analysis framework of digital economy's impact on the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin

2 研究设计

2.1 模型构建

2.1.1 双向固定效应模型

为探究数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响,本文基于黄河流域九省(区)2011—2024年省级面板数据,采用双向固定效应模型进行回归分析,模型构建如下:

$$TE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DIG_{it} + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: TE_{it} 为农业生态产品价值实现效率; DIG_{it} 为数字经济发展水平; X_{it} 为一系列控制变量; i 与 t 分别代表省份与年份; α_i 为待估参数; μ_i 表示个体固定效应; λ_t 表示时间固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

2.1.2 中介效应模型

为探究技术创新和产业结构升级在数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率的过程中是否存在中介效应,本文借鉴江艇^[25]的研究,构建中介效应模型如下:

$$TI_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 DIG_{it} + \gamma_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$ISU_{it} = \delta_0 + \delta_1 DIG_{it} + \delta_2 X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: TI_{it} 代表技术创新; ISU_{it} 代表产业结构升级; γ_i 与 δ_i 为待估参数;其余变量定义同式(1)。

2.1.3 空间溢出效应模型

本文采用空间杜宾模型实证分析数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的空间溢出效应,参考已有文献^[26],模型设定如下:

$$TE_{it} = \rho WTE_{it} + DIG_{it}\beta_1 + X_{it}\beta_2 + WDIG_{it}\theta_1 + WX_{it}\theta_2 + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中: ρ 为空间滞后系数; W 为空间地理距离矩阵; WTE_{it} 为农业生态产品价值实现效率的空间滞后

项; $WDIG_{it}$ 和 WX_{it} 分别为数字经济发展水平和控制变量的空间滞后项; β_1 、 β_2 为直接效应系数; θ_1 、 θ_2 为溢出效应系数;其余变量定义同式(1)。

2.2 变量选取

(1) 被解释变量:农业生态产品价值实现效率(TE)。本文利用含有非期望产出的Super-SBM模型测算黄河流域农业生态产品价值实现效率,具体指标体系见表1^[9,27]。

农业生态资产存量的测算参考相关研究^[28-29],

表1 农业生态产品价值实现效率测算指标体系

Table 1 Indicator system for measuring the value realization efficiency of agricultural ecological products

指标类别	指标	指标说明	单位
投入	生态资产	农业生态资产存量	亿元
	劳动力	农业从业人数	万人
	土地	农作物播种面积	$\times 10^3 \text{ hm}^2$
		水产养殖面积	$\times 10^3 \text{ hm}^2$
	林地面积	$\times 10^3 \text{ hm}^2$	
能源	农村用电量	亿kW·h	
资本	农业固定资产投资	亿元	
	农用机械总动力	亿kW	
	化肥施用量	万t	
	农药使用量	万t	
	农用柴油使用量	万t	
	农用塑料膜使用量	万t	
水资源	农业灌溉面积	$\times 10^3 \text{ hm}^2$	
期望产出	农林牧渔业增加值	农林牧渔业增加值	亿元
非期望产出	农业碳排放	根据碳排放系数法估算	万t

利用旱地和水田两种土地类型的11种生态系统服务功能价值当量因子进行估算^[30]。本文借鉴薛明皋等^[31]的做法,基于谢高地等^[30]提出的当量因子表,选取净初级生产力(NPP)、降水量因子、土壤保持因子和可达性因子对生态系统服务功能价值的当量因子进行空间修正。具体公式为:

$$AESV_{j,it} = \begin{cases} V_{n1} \times W_{1,it}, W_{1,it} = B_{it}/\bar{B} \\ V_{n2} \times W_{2,it}, W_{2,it} = P_{it}/\bar{P} \\ V_{n3} \times W_{3,it}, W_{3,it} = S_{it}/\bar{S} \\ V_{n4} \times W_{4,it}, W_{4,it} = R_{it}/\bar{R} \end{cases} \quad (5)$$

式中: $AESV_{j,it}$ 表示 t 年 i 省(区)第 j 类服务功能单位面积生态服务价值当量因子; V_n 为农田生态系统第 n 种生态服务价值当量因子; $W_{1,it}$ 为NPP时空调节因子,用于修正食物生产、原料生产、气体调节、气候调节、净化环境和生物多样性服务功能; $W_{2,it}$ 为降水量调节因子,用于修正水资源供给和水文调节服务功能; $W_{3,it}$ 为土壤保持调节因子,用于修正土壤保持和维持养分循环服务功能; $W_{4,it}$ 为可达性调节因子,用于修正美学景观服务功能; B_{it} 为 i 省(区)第 t 年NPP, \bar{B} 为黄河流域九省(区)多年平均NPP; P_{it} 为 i 省(区)第 t 年降水量, \bar{P} 为黄河流域九省(区)多年平均降水量; S_{it} 为 i 省(区)第 t 年水土保持率, \bar{S} 为黄河流域九省(区)多年平均水土保持率; R_{it} 为 i 省(区)第 t 年平均道路密度, \bar{R} 为黄河流域九省(区)多年平均道路密度。

本文参考相关研究^[28,32],确定单位面积农田生态系统粮食生产的净利润为1个标准当量因子的生态系统服务价值量,并选取稻谷、小麦、玉米、大豆和马铃薯5种粮食作物净利润的加权平均值核算标准当量因子的价值量:

$$D = \frac{1}{14} \sum_{t=2011}^{2024} (S_t^r \times F_t^r + S_t^w \times F_t^w + S_t^c \times F_t^c + S_t^b \times F_t^b + S_t^p \times F_t^p) \quad (6)$$

式中: D 表示1个标准当量因子的生态系统服务价值量(元/公顷); $S_t^r, S_t^w, S_t^c, S_t^b, S_t^p$ 分别表示稻谷、小麦、玉米、大豆、马铃薯在 t 年的播种面积占5种作物总播种面积的比例; $F_t^r, F_t^w, F_t^c, F_t^b, F_t^p$ 分别表示稻谷、小麦、玉米、大豆、马铃薯在 t 年的单位面积平均利润,采用农产品生产价格指数折价到2011年。

据此,可测算各省(区)农业生态资产存量:

$$ESV_{it} = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^{11} A_{f,it} \times AESV_{j,it} \times D \quad (7)$$

式中: ESV_{it} 为 i 省(区)第 t 年的农业生态资产存量; $A_{f,it}$ 为 i 省(区)第 t 年农田生态系统的面积。

(2) 核心解释变量。数字经济发展水平(DIG)。本文借鉴相关研究^[33-35],从数字基础设施、产业数字化、数字产业化以及数字化治理4个维度构建黄河流域数字经济发展水平指标体系(表2),并使用熵权法测算数字经济发展水平。

(3) 控制变量。城镇化水平(URB)用城镇常住人口占总人口的比重表示;环境规制强度(ER)用工业污染治理完成投资与工业增加值之比表示;农民受教育水平(FEL)用各省份农村居民平均受教育年限表示;地区开放度(ROD)用进出口总额占地区生产总值的比重表示;农业发展水平(AG)用农业产值与农村人口之比表示。

(4) 中介变量:技术创新(TI)、产业结构升级(ISU)。本文参考已有文献^[36-37],选取每万人拥有的农业专利授权数衡量各省技术创新水平,采用农林牧渔服务业产值与农林牧渔业总产值之比评估各省产业结构升级水平。

2.3 数据来源

文中涉及的数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》、中国淘宝村研究报告、国泰安CSMAR数据库、MODIS产品数据、ERA5-Land数据集、国民经济和社会发展公报及北京大学数字金融研究中心发布的数字普惠金融指数等。个别缺失数据通过插值法计算得出,以确保数据的连续性。

3 结果与分析

3.1 黄河流域数字经济发展水平与农业生态产品价值实现效率时空变化特征

2011—2024年,黄河流域数字经济发展水平由密集分布于(0.000~0.200]区间提升至(0.200~0.400]区间,年均数字经济发展水平由0.078波动上升至0.299(图2A)。具体来看,图2A中核密度曲线中心位置呈右移趋势,主峰高度不断下降,曲线逐渐变宽,右拖尾现象明显,表明黄河流域数字经济发展水平呈上升趋势,而不同省份间的数字经济发展水平差距在不断扩大。随着数字新基建布局加快,数字技术普及和人才集聚带来创新活力,传统产业加快数字化转型,黄河流域数字经济发展水平

表 2 数字经济发展水平指标体系

Table 2 Indicator system for digital economy development level

一级指标	二级指标	三级指标	指标解释
数字经济 发展水平	数字基础设施	农村宽带接入用户(万户)	—
		农村居民平均每百户年末彩色电视机拥有量(台)	—
		农村居民平均每百户年末手机拥有量(部)	—
		农村住户固定资产投资额(亿元)	—
		农村每户拥有计算机数量(台)	—
		农村人均教育和文化娱乐支出(亿元)	—
	数字产业化	农村信息服务业产值(亿元)	—
		农村软件业收入(亿元)	—
		农村电信业务总量(亿元)	—
		农村邮政业务总量(亿元)	—
		农村数字金融化程度(%)	金融涉农贷款余额/人均地区生产总值
	产业数字化	农村 RD 经费支出(亿元)	—
		农业数字化生产(个)	(农业从业人数/总就业人数)×使用互联网技术开展生产经营活动的企业数
		数字化专业人才数量(万人)	—
		淘宝村数量(个)	—
		数字普惠金融覆盖广度	综合指数
		数字普惠金融覆盖深度	综合指数
		数字化销售(%)	(镇区及乡村消费品零售额/全社会消费品零售额)×实物商品网上零售额/人均地区生产总值
		—	—
	数字化治理	乡村居民人均交通通信支出(亿元)	—
乡村地区投递线路长度(km)		—	

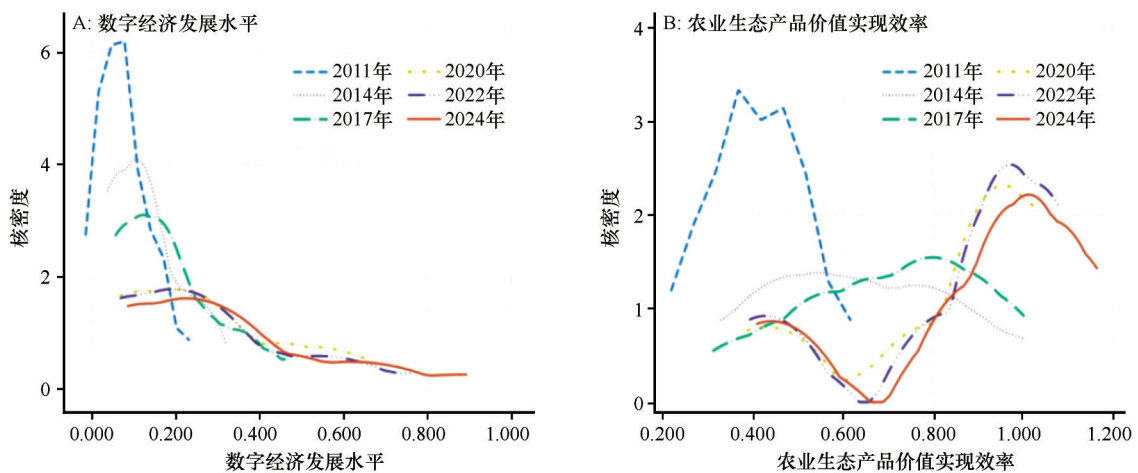


图 2 黄河流域数字经济发展水平和农业生态产品价值实现效率的时空演化趋势

Fig.2 Spatiotemporal evolution of digital economy development levels and the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin

持续上升。此外,黄河流域部分省份如陕西、山东依托雄厚的数字发展基础和资源集聚形成数字经

济发展优势,而部分省份如青海、宁夏则由于人才流失较多、数字产业化规模较小等原因,数字经济

发展相对滞后,导致不同省份间的数字经济发展水平差距扩大。

2011—2024年,黄河流域农业生态产品价值实现效率由密集分布于(0.200~0.600]区间提升至(0.600~1.200]区间,年均农业生态产品价值实现效率由0.409波动上升至0.886(图2B)。具体来看,图2B中核密度曲线中心位置呈右移趋势,主峰高度先降后升,在研究后期出现极化现象,表明黄河流域农业生态产品价值实现效率呈上升趋势,但不同省份间的农业生态产品价值实现效率差距极大。随着中国农业生态产品价值实现机制的不断完善,数字技术与生态农业的深度融合提升了农业生态产品附加值,同时,市场对绿色农产品的需求增长进一步倒逼农业生产端优化供给,从而引起黄河流域农业生态产品价值实现效率波动上升。此外,黄河流域部分省份如河南农业基础较好,且具备资金、技术优势,能快速推进生态农业产业化;而部分省份如内蒙古则以传统农业为主,农业生态资源开发相对不足,同时面临资金短缺、物流不畅等制约,农业生态产品价值实现效率偏低,不同省份间的农业生态产品价值实现效率差距由此扩大。

3.2 基准回归分析

表3中的第1、2、3列分别为不加入控制变量、依次加入控制变量以及控制个体和时间的回归结果。在未加入控制变量前,数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响系数为0.749,添加控制变量并控制个体和时间后,数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响系数为0.561,且在1%的水平上显著为正。这表明在考虑其他因素的影响后,数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率仍产生正向影响,假说1成立。

3.3 稳健性及内生性检验

本文通过替换核心解释变量即采用已有文献的指标体系衡量数字经济发展水平^[38]、缩尾处理变量和滞后一期被解释变量的方法进行稳健性检验,结果见表4。由表中的1~3列可知,数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响系数、方向与显著性并未发生显著变化,表明基准回归结果具有良好的稳健性。

本文借鉴邓苏昊等^[39]的思路,采用工具变量法来解决内生性问题。选取各省份1984年每百万人

表3 基准回归结果

Table 3 Baseline regression results

变量	TE		
	1	2	3
DIG	0.749*** (0.116)	1.032*** (0.215)	0.561*** (0.187)
控制变量	NO	YES	YES
个体固定效应	NO	NO	YES
时间固定效应	NO	NO	YES
常数项	0.560*** (0.030)	1.591*** (0.238)	-1.872** (0.778)
R^2	0.253	0.446	0.711
N	126	126	126

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内的数值代表标准误。

表4 稳健性及内生性检验结果

Table 4 Results of robustness test and endogeneity analysis

变量	TE			第一阶段	第二阶段
	1	2	3		
DIG	0.374* (0.211)	0.541*** (0.192)	0.544** (0.218)		0.761*** (0.288)
IV				0.832*** (0.026)	
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	-1.618** (0.803)	-1.797** (0.759)	-1.555* (0.904)	0.059* (0.253)	0.952*** (0.208)
R^2	0.694	0.705	0.699	0.713	0.921
N	126	126	117	126	126

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内的数值代表标准误。

固定电话数与上一年互联网宽带接入用户数的交互项作为工具变量,运用两阶段最小二乘法进行检验。由表4中的4~5列可知,工具变量在1%水平上具有显著性,且F统计量通过显著性检验,说明不存在弱工具变量问题,数字经济能够显著提升黄河流域农业生态产品价值实现效率的结论依然稳健。

3.4 异质性分析

由于黄河流域上游地区(青海、四川、甘肃、宁夏)、中游地区(内蒙古、陕西、山西)、下游地区(河南、山东)各省(区)资源禀赋、经济基础和产业结构等存在差异,数字经济和农业发展水平亦各不相同,数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响程度也将存在异质性。因此,本文分别对黄河流域上游地区、中游地区、下游地区数字经济发展水平与农业生态产品价值实现效率进行回归分析,结果见表5。

表5 异质性分析
Table 5 Heterogeneity analysis

变量	TE		
	上游地区	中游地区	下游地区
DIG	0.300 (0.579)	0.348 (2.168)	1.225*** (0.364)
控制变量	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES
常数项	0.821 (1.637)	-2.535* (1.345)	-3.395 (1.989)
R ²	0.759	0.759	0.987
N	56	42	28

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内的数值代表标准误。

黄河流域上游地区数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响系数为0.300,但不显著,且远低于黄河流域中游地区和下游地区的影响系数,说明黄河流域上游地区数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响程度最弱。黄河流域上游地区产业数字化基础薄弱,数字技术推广难度较大,导致数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响不显著。如甘肃、青海虽积极推进数字农业建设,但数字基础设施投入不足与农业经营分散化导致数字经济难以完全渗透到农业生态产品开发各环节。四川、宁夏虽农业生态资源丰富,但智慧物流体系相对滞后,导致农业生态产品配送时间过长或配送成本过高,从而制约了农业生态产品价值实现效率的提高。

黄河流域中游地区数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响系数为0.348,高于黄河流域上

游地区的影响系数,但不显著。可能的原因在于:黄河流域中游地区将数字技术应用于农业生态产品的溯源监测、精准营销等方面,通过电商平台、直播带货等数字化流通模式,助力农业生态品牌溢价落地。然而,黄河流域中游地区数字基础设施建设发展水平不均衡,数字技术应用多停留在生产监测层面,导致数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响系数不显著。如陕西、山西不同地区智慧农业设备普及率与农业技术覆盖率存在显著差异,内蒙古也存在草原牧区网络覆盖不足、牧民数字素养偏低等问题,一定程度上阻碍了农业生态产品价值实现效率的提升。

黄河流域下游地区数字经济对农业生态产品价值实现效率的影响系数为1.225,在1%的水平上显著为正,远高于黄河流域上游地区和中游地区的影响系数,说明黄河流域下游地区数字经济能显著提高农业生态产品价值实现效率。这主要源于黄河流域下游地区数字经济发展基础较好,且农业规模化程度较高,便于物联网、人工智能等数字技术的推广,可以为数字经济提供更多的应用场景。如河南的智慧农业平台便于优化生产流程,减少资源浪费,保障生态安全。山东的农业现代化基础雄厚,从智慧大棚精准种植到农产品电商直播,实现了数字技术全产业链覆盖,有效提升了农业生态产品溢价空间,有力推动了农业生态产品价值实现效率提升。

3.5 影响机制检验

本文通过构建中介效应模型,实证检验技术创新、产业结构升级在数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率中的作用机制,回归结果见表6。表中第1列显示,数字经济对技术创新的影响系数为0.161,在1%的水平上显著为正,这表明数字经济可通过推动技术创新提升黄河流域农业生态产品价值实现效率,假说2成立。表中第2列显示,数字经济对产业结构升级的影响系数为0.076,在1%的水平上显著为正,这表明数字经济可通过推动产业结构升级提升黄河流域农业生态产品价值实现效率,假说3成立。

表6中第3~8列分别展示了黄河流域上游地区、中游地区和下游地区的中介效应分析结果。在黄河流域的不同地区,数字经济对技术创新和产业

表6 中介效应检验
Table 6 Mediation effect test

变量	黄河流域		上游地区		中游地区		下游地区	
	1	2	3	4	5	6	7	8
	TI	ISU	TI	ISU	TI	ISU	TI	ISU
DIG	0.161*** (0.029)	0.076*** (0.015)	0.036 (0.046)	0.054 (0.034)	0.074 (0.221)	0.070** (0.028)	0.268** (0.100)	0.219** (0.075)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	-0.053 (0.119)	-0.062 (0.061)	-0.189* (0.098)	-0.141 (0.099)	-0.343** (0.147)	0.043** (0.019)	1.075* (0.513)	0.323* (0.170)
R^2	0.908	0.582	0.958	0.519	0.974	0.883	0.994	0.977
N	126	126	56	56	42	42	28	28

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内的数值代表标准误。

结构升级的促进作用存在显著差异。其中,黄河流域下游地区的系数最大且显著,缘于黄河流域下游地区农业规模化程度及农业机械化使用率较高,便于新技术推广,同时可借助大数据技术和电商平台对接市场需求,实现农业生产流程标准化和产业链延伸,驱动产业结构升级,显著提高农业生态产品价值实现效率。而黄河流域上游地区的系数最小且不显著,缘于黄河流域上游地区多以分散小农经营为主,农业数字化基础设施尚未完全渗透到智能育种、节水技术等创新环节,同时农业生产更侧重粮食稳产增产,数字经济对延伸农业产业链、发展生态旅游等产业结构升级方面的支撑力度不足,一

定程度上限制了数字经济对农业生态产品价值实现效率的促进作用。

4 进一步分析

4.1 空间自相关检验

本文基于空间邻接矩阵,采用Moran's I 指数检验2011—2024年黄河流域九省(区)农业生态产品价值实现效率的空间依赖性,结果见表7。黄河流域九省(区)2011—2024年的农业生态产品价值实现效率的Moran's I 指数至少通过10%水平上的显著性检验,且 Z 值均为正,说明黄河流域农业生态产品价值实现效率在空间分布上存在显著的正相关性。

表7 农业生态产品价值实现效率的全局Moran's I 指数

Table 7 Global Moran's I index of the value realization efficiency of agricultural ecological products

年份	Moran's I	Z 值	P 值	年份	Moran's I	Z 值	P 值
2011	0.593	2.119	0.034	2018	0.304	1.251	0.021
2012	0.609	2.157	0.031	2019	0.686	2.442	0.015
2013	0.348	1.359	0.074	2020	0.842	2.999	0.003
2014	0.457	1.706	0.088	2021	0.862	3.022	0.003
2015	0.129	0.739	0.046	2022	0.870	3.108	0.002
2016	0.726	1.799	0.072	2023	0.878	3.117	0.002
2017	0.410	1.605	0.098	2024	0.883	3.134	0.002

从Moran's I 指数散点图看,黄河流域大多数省份的农业生态产品价值实现效率集中在第一和第

三象限,显示出黄河流域农业生态产品价值实现效率在空间上呈现出“低低”集聚和“高高”集聚,也验

证了黄河流域农业生态产品价值实现效率具有较好的空间相关性(图3)。

4.2 空间溢出效应分析

根据LM检验、LR检验和WALD检验结果,确定本文选用空间杜宾模型,并将数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响总效应分解

为直接效应和间接效应,效应分解估计结果见表8。数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率的影响总效应、直接效应和间接效应均显著为正,表明本地区数字经济的发展有助于提高本地区以及周边地区的农业生态产品价值实现效率,数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率存在正向空间溢出效应,假说4成立。

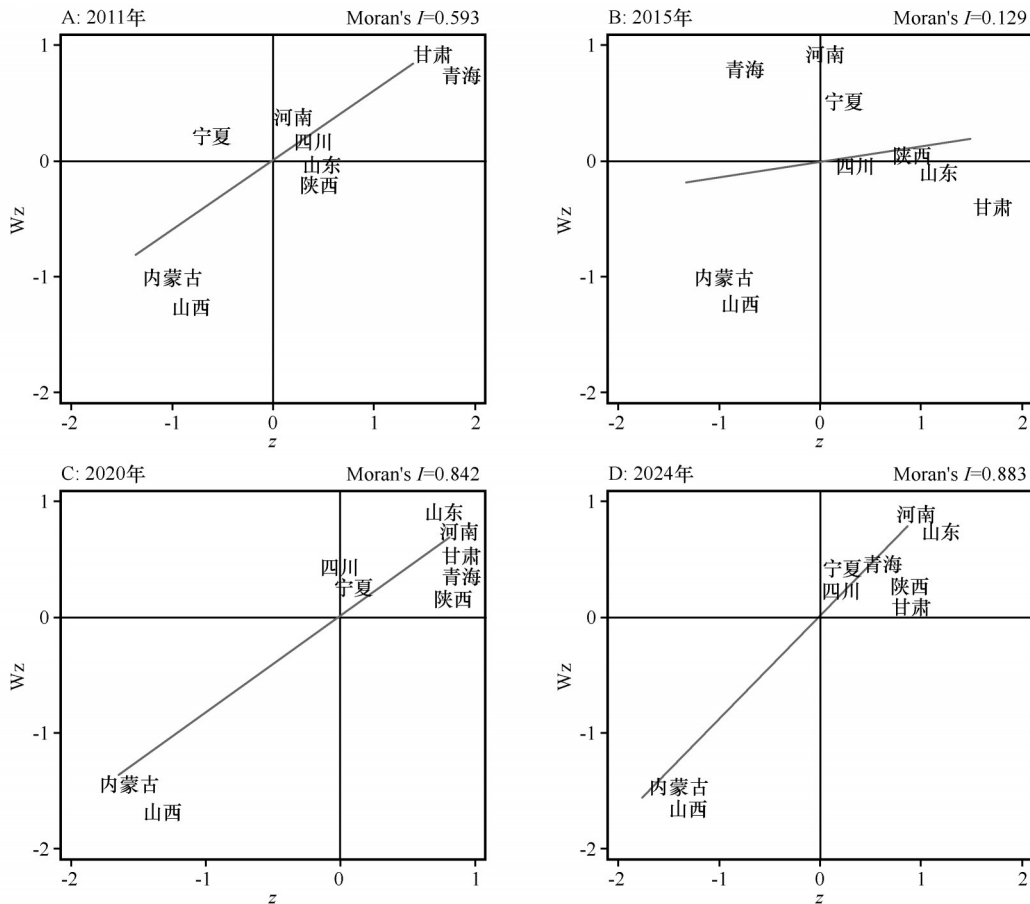


图3 农业生态产品价值实现效率的局部Moran's I指数散点图

Fig. 3 Local Moran's I scatter plot of the value realization efficiency of agricultural ecological products

5 讨论与结论

5.1 讨论

推动农业生态产品价值实现,是“绿水青山”向“金山银山”转化、生态保护与经济发展共生的关键。而提高黄河流域农业生态产品价值实现效率,是深入推进“黄河流域生态保护和高质量发展”“生态文明建设”“乡村全面振兴”等战略的重要途径。本文研究表明,数字经济对黄河流域农业生态产品价值实现效率具有正向影响及空间溢出效应,为黄河流域因地制宜发挥数字经济对农业生态产

品价值实现的促进作用提供了实证支撑。

然而,本文虽在数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率方面取得了若干结论,但仍存在一定的局限性,未来可从以下方向深化研究:第一,由于在测算农业生态资产存量时涉及的“水土保持率”等指标数据的可获得性,本文仅采用省级面板数据展开相关研究,未来研究可侧重数据与指标优化,将分析单元拓展至市级或微观主体数据,并结合遥感监测、问卷调查等方式完善农业生态产品价值测算体系,提升研究的精细化水平。第二,本文仅分析了技术创新与产业结构升级在数字经济影响农业生态产品价值实现效率中的作用路径,

表8 空间杜宾模型效应分解估计结果

Table 8 Estimation results of Spatial Durbin Model effect decomposition

变量	1	2	3
	直接效应	间接效应	总效应
DIG	0.188 [*] (0.105)	1.228 ^{***} (0.277)	1.416 ^{***} (0.233)
URB	0.802 (1.446)	0.016 (1.609)	0.818 (1.193)
ER	-0.068 [*] (0.035)	-0.073 (0.059)	-0.141 ^{**} (0.063)
FEL	0.052 (0.060)	0.022 (0.083)	0.074 (0.107)
ROD	-0.762 (0.468)	1.022 (0.771)	0.260 (0.740)
AG	0.429 [*] (0.225)	0.180 (0.308)	0.609 (0.444)
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES

注:***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;括号内的数值代表标准误。

且空间权重矩阵仅采用地理距离权重,可能低估空间溢出的真实效应,未来研究可考虑数字金融发展、人力资本积累等其他潜在中介变量的影响,并采用经济地理权重、技术关联权重等复合空间权重矩阵优化空间计量分析,或通过“数字乡村试点政策”“东数西算枢纽节点”等构建准自然实验进行政策评估,提升因果识别的可信度。第三,本文并未剖析黄河流域生态保护政策、资源禀赋条件等对数字经济作用于农业生态产品价值实现效率的异质性影响或调节效应,未来研究可进一步探讨黄河流域生态保护和高质量发展等战略的调节作用,还可关注数字鸿沟、生态脆弱性等因素对研究结论的影响。此外,后续研究可对比长江流域等其他流域与黄河流域的差异特征,为跨流域农业生态产品价值实现提供理论参考与实践启示。

5.2 结论

黄河流域数字经济发展水平和农业生态产品价值实现效率在研究期内均呈波动上升趋势,但不同省份间的发展差距在扩大。因此,应完善数字基

础设施建设,助推农业生态产业数字化转型。一方面,加大对农村及偏远地区的数字基础设施扶持力度,加快布局农业物联网,完善智能配送体系,助力农业生态产业向数字化转型。另一方面,积极推进高标准农田数字化改造,合理布局田间物联网检测设备,促进设施种植数字化,并完善耕地质量监测网络,提升农业生产智能化、绿色化水平。

数字经济能显著促进黄河流域农业生态产品价值实现效率提升,尤其在黄河流域下游地区的影响效果更为明显。因此,应强化数字技术应用,促进农业生态产品价值实现效率提升。首先,黄河流域上游地区如甘肃、宁夏应推动数字技术与本地特色农业生态产业融合,推广区块链溯源技术,提升消费者对农业生态产品的信任度。其次,黄河流域中游地区如陕西应利用大数据技术分析市场需求来引导生产,并搭建数字化交易平台,拓宽农业生态产品销售渠道。最后,黄河流域下游地区如山东应充分发挥数字经济的促进作用,试点“伏羲农场”模式,采用物联网、人工智能、大数据等前沿数字技术,建立智慧农业体系。

数字经济能够通过技术创新和产业结构升级提升黄河流域农业生态产品价值实现效率。因此,应激发农业领域技术创新,推动农业产业结构升级。一方面,加大对黄河流域农业科技创新的投入,打造智能育种平台,并完善设施农业智能管控系统,促进农业生产由经验驱动转向数据驱动,提升农业生态产品品质和生产效率。另一方面,鼓励发展特色生态农业、休闲农业和农产品智慧加工等新业态,推动农业与二、三产业深度融合,从而引导黄河流域农业产业结构向绿色化、数字化方向升级,挖掘农业生态产品的多元价值。

数字经济影响黄河流域农业生态产品价值实现效率过程中存在正向空间溢出效应,能推动邻近省份农业生态产品价值实现效率上升。因此,应打破数据要素流动壁垒,实现农业生态产业的区域协同发展。一方面,加快构建数字经济与农业生态产业协同发展机制,搭建数据共享平台,促进黄河流域农业数据跨区域、跨部门流动。另一方面,黄河流域不同省份间应共享粮食生产、供给数据,推动农业生态产品价值评估和市场交易等信息互通,协同应对自然灾害和市场波动,增强黄河流域农业生态产业的抗风险韧性。

参考文献：

- [1] 包晓斌,朱小云.农业生态产品价值实现:困境、路径与机制[J].当代经济管理,2023(9):47-53.
- [2] Su Y, He S, Wang K, et al. Quantifying the sustainability of three types of agricultural production in China: an emergy analysis with the integration of environmental pollution[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 252:119650-119650.
- [3] 陈倩茹,陈彬,谢花林,等.数字赋能生态产品价值实现:基本逻辑与典型路径[J].中国土地科学,2023,37(11):116-127.
- [4] 孔凡斌,程文杰,徐彩瑶.数字经济发展能否提高森林生态产品价值转化效率:基于浙江省丽水市的实证分析[J].中国农村经济,2023(5):163-184.
- [5] 吴宸梓,白永秀.数字技术赋能城乡融合发展的作用机理研究:基于马克思社会再生产理论视角[J].当代经济科学,2023,45(6):123-134.
- [6] 杨晓梅,尹昌斌.农业生态产品的概念内涵和价值实现路径[J].中国农业资源与区划,2022(12):39-45.
- [7] 包晓斌,朱小云.农业生态产品价值实现:形成逻辑、实践模式与路径选择[J].经济纵横,2024(7):48-55.
- [8] 匡后权,陈纛绪,马丽.基于产业价值链视角的大数据赋能农业生态产品价值实现研究[J].农村经济,2023(3):78-86.
- [9] 朱美荣,王淦秋,尚杰.新质生产力与农业生态产品价值实现:理论逻辑与实践逻辑[J].中国生态农业学报(中英文),2025,33(8):1645-1657.
- [10] 徐彩瑶,孔凡斌.数字乡村建设赋能森林生态产品价值实现:理论逻辑与实践路径[J].中国人口·资源与环境,2024,34(11):163-177.
- [11] 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.
- [12] 何维达,温家隆,张满银.数字经济发展对中国绿色生态效率的影响研究:基于双向固定效应模型[J].经济问题,2022(1):1-8+30.
- [13] 黄小勇,陈飞羽,舒晓杰,等.数字经济对生态产品价值实现的影响机制研究[J].科学决策,2025(5):101-115.
- [14] 杨朔,张嘉文,赵国平.黄河流域中上游地区水生态产品价值核算研究[J].干旱区资源与环境,2025,39(6):107-116.
- [15] 李魁明,王晓燕,姚罗兰.黄河流域农业绿色发展水平区域差异及影响因素[J].中国沙漠,2022,42(3):85-94.
- [16] 邱娟,陈钦萍,王波,等.黄河流域技术创新与农业绿色高质量发展耦合协调及影响因素[J].中国沙漠,2024,44(4):275-283.
- [17] 薛选登,温圆月.黄河流域农业产业集聚对农业生态效率的影响:基于PCA-DEA和面板Tobit模型的实证研究[J].中国农业资源与区划,2023,44(7):150-160.
- [18] 徐胜,梁靓.数字经济对区域创新效率的空间溢出效应:基于创新价值链视角[J].中国流通经济,2023,37(2):55-67.
- [19] 唐林,陈池波.“两山”理念下数字技术赋能农业生态产品价值实现的理论逻辑、现实困境与实现路径[J].世界农业,2025(8):92-103.
- [20] 赵林,张春霆,郭付友,等.中国绿色发展与共同富裕协同演化及其驱动因素[J].自然资源学报,2025,40(8):2177-2194.
- [21] 刘阳,修长百.数实融合对产业结构转型升级的研究[J].科学管理研究,2022,40(3):123-129.
- [22] 王建军,孙佩佩.双重环境规制对区域生态效率的影响研究:来自省级面板数据的证据[J].中国环境管理,2024,16(5):58-67.
- [23] Yilmaz S, Haynes E K, Dinc M. Geographic and network neighbors: spillover effects of telecommunications infrastructure[J]. Journal of Regional Science, 2002, 42(2):339-360.
- [24] 赵林,曹乃刚,韩增林,等.中国生态福利绩效空间关联网演变特征与形成机制[J].自然资源学报,2022,37(12):3183-3200.
- [25] 江艇.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,2022(5):100-120.
- [26] 郭捷,陈乐琪.数字产业与制造业协同集聚的绿色技术创新赋能效应[J].技术经济与管理研究,2025(7):126-133.
- [27] 董丙瑞,李心毓,陈宋艺,等.中国农业生态产品价值转化效率空间格局及动态演进[J].中国环境管理,2025,17(2):16-26.
- [28] 尹朝静,杨坤,田云.中国农业生态全要素生产率增长:经验事实、区域差异与动态演进[J].中国农村经济,2024(2):20-43.
- [29] 王宵,刘冰,赵文智,等.1980-2020年宁夏生态服务价值与生态风险特征[J].中国沙漠,2024,44(5):182-194.
- [30] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [31] 薛明皋,邢路,王晓艳.中国土地生态系统服务当量因子空间修正及价值评估[J].中国土地科学,2018,32(9):81-88.
- [32] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资源的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [33] 王丽双,傅新红,王泽昊,等.中国乡村数字经济时空演变及影响因素研究[J].农业经济与管理,2025(3):27-39.
- [34] 徐成铭,董宴廷,王洛忠.数字乡村建设助推乡村公共服务高质量发展的影响机制[J].中国流通经济,2025,39(8):72-85.
- [35] 王定祥,彭政钦,李伶俐.中国数字经济与农业融合发展水平测度与评价[J].中国农村经济,2023(6):48-71.
- [36] 张维刚,欧阳建勇.财政纵向失衡、公共财政支农偏向与农业高质量发展[J].当代财经,2023(3):41-54.
- [37] 曹菲,聂颖.产业融合、农业产业结构升级与农民收入增长:基于海南省县域面板数据的经验分析[J].农业经济问题,2021(8):28-41.
- [38] 王军,刘小凤,朱杰.数字经济能否推动区域经济高质量发展?[J].中国软科学,2023(1):206-214.
- [39] 邓苏昊,陈珏颖,张鑫蕊,等.数字经济驱动城乡融合发展的内在机理与实证检验:来自中国275个地级市的经验证据[J].农业技术经济,2024(12):68-83.

Impact of the digital economy on the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin

Hu Lili^a, Ma Yiwei^a, Sun Xiaojuan^b

(*a.School of Economics / b.School of Statistics and Data Science, Lanzhou University of Finance and Economics, Lanzhou 730020, China*)

Abstract: To explore the impact of the digital economy on the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin, and to further improve this efficiency in the region, this paper employs panel data from nine provinces (autonomous regions) in the Yellow River Basin from 2011 to 2024. We adopt the entropy weight method to measure the digital economy development level, use the Super-SBM model to estimate the value realization efficiency of agricultural ecological products, and construct bidirectional fixed effects, mediating effect, and spatial Durbin models for empirical analysis. The results indicate that: (1) Both the level of digital economy development and the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin show a fluctuating upward trend over the study period, while the development gap between provinces is widening. (2) The digital economy significantly promotes improvements in the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin, with a more pronounced effect in its lower reaches. (3) The digital economy enhances the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin through technological innovation and industrial structure upgrading. (4) The digital economy generates a positive spatial spillover effect in boosting the value realization efficiency of agricultural ecological products in the Yellow River Basin, which contributes to efficiency improvements in neighboring provinces.

Key words: digital economy; the value realization efficiency of agricultural ecological products; Yellow River Basin; technological innovation; industrial structure upgrading