网络首发时间：2026-04-13 11:18:12　网络首发地址：https://link.cnki.net/urlid/11.2031.Q.20260412.1624.001

第 46 卷第 19 期　生　态　学　报　Vol.46,No.19
2026 年 10 月　ACTA ECOLOGICA SINICA　Oct.,2026

DOI：10.20103/j.stxb.202601150142

苑祎然，熊曦，龚景卓，牛悦，伍一铭，龙映竹.城乡融合发展对农业生态效率的影响研究——以山东省为例.生态学报,2026,46(19)
Yuan Y R, Xiong X, Gong J Z, Niu Y, Wu Y M, Long Y Z.A study on the impact of integrated urban-rural development on agricultural eco-efficiency: the case of Shandong province.Acta Ecologica Sinica,2026,46(19)

城乡融合发展对农业生态效率的影响研究
——以山东省为例

苑祎然[1]，熊　曦[1,*]，龚景卓[2]，牛　悦[1]，伍一铭[1]，龙映竹[1]

1 中南林业科技大学经济管理学院，长沙　410004

2 英国约克大学，约克　YO105DD

摘要：城乡融合发展是影响农业生态效率提升的重要因素。以往研究较少从城乡融合发展视角探讨其对农业生态效率的影响机制。以山东省为研究对象，基于 2010—2023 年 16 个地市的面板数据，采用固定效应模型和中介效应模型，基于人口融合、土地融合、资本融合、产业融合、社会融合五个维度构建指标体系，系统分析了城乡融合发展对农业生态效率的影响及其区域异质性。结果表明：(1)山东省农业生态效率总体呈波动上升趋势，均值从 0.9497 升至 1.0316，增幅约 9.14%，但区域内部差异显著，鲁中地区内济南与泰安效率值反差巨大；城乡融合发展水平实现整体跃升，2016 年后加速明显，空间上呈现由沿海核心城市向内陆梯度扩散的格局。(2)城乡融合发展对农业生态效率具有显著的正向促进作用，具体而言，城乡融合通过“人才下乡”举措提升农业生态技术水平、通过农地“三权分置”改革促进规模经营、通过引导城市工商资本投入增强绿色投资、通过农村产业融合倒逼绿色生产、通过公共服务均等化培育生态意识等一系列具体措施，直接优化农业要素配置并减少污染排放。影响机制分析表明，城乡融合发展不仅通过要素优化配置对农业生态效率产生直接提升效应，更重要的是通过促进农业技术进步间接推动农业生态效率提升，中介效应占比高达 66.85%，农业技术进步在其中发挥了核心桥梁作用。(3)城乡融合发展对农业生态效率的影响存在显著的区域异质性，鲁中和鲁南地区的促进效应高于鲁西北地区和半岛地区。(4)基于城乡融合发展对农业生态效率的影响效应及机制，建议优化农业资源配置、推动农业绿色转型，促进城乡一二三产业融合发展，进而促进山东省城乡融合发展水平提升的同时，推动农业生态效率提升。

关键词：城乡融合；农业技术进步；农业生态效率；SBM 模型；中介效应模型

A study on the impact of integrated urban-rural development on agricultural eco-efficiency: the case of Shandong province

YUAN Yiran[1], XIONG Xi[1,*], GONG Jingzhuo[2], NIU Yue[1], WU Yiming[1], LONG Yingzhu[1]

1 *School of Economics and Management, Central South University of Forestry and Technology, Changsha* 410004, *China* 2 *University of York, York YO*105*DD, UK*

Abstract: The integrated urban-rural development is an important factor influencing the improvement of agricultural eco-efficiency. Previous studies have rarely explored its impact mechanism on agricultural eco-efficiency from the perspective of urban-rural integration. Taking Shandong Province as the research object, based on panel data from 16 cities from 2010 to 2023, this study employs fixed-effect models and mediation effect models. An indicator system is constructed from five dimensions: population integration, land integration, capital integration, industrial integration, and social integration, to systematically analyze the impact of urban-rural integration development on agricultural eco-efficiency and its regional heterogeneity.The results indicate that: (1) The agricultural eco-efficiency in Shandong Province generally exhibits a

基金项目：教育部人文社会科学研究一般项目(22YJC790146)；湖南省社会科学成果评审委员会重点课题(XSP2023ZDI024)

收稿日期：2026-01-15；

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: 1556853946@qq.com

fluctuating upward trend, with the mean value increasing from 0.9497 to 1.0316, representing an increase of approximately 9.14%. However, significant regional disparities exist, with a stark contrast in efficiency values between Jinan and Tai´an within the central Shandong region. The level of integrated urban-rural development has achieved an overall leap, with a noTable acceleration after 2016, spatially presenting a pattern of gradient diffusion from coastal core cities to inland areas. (2) Integrated urban-rural development exerts a significant positive promoting effect on agricultural eco-efficiency. Specifically, urban-rural integration directly optimizes the allocation of agricultural factors and reduces pollution emissions through a series of concrete measures. These measures include enhancing agricultural ecological technology levels via the "talent going to the countryside" initiative, promoting scale operation through the reform of the "three rights separation" in agricultural land, strengthening green investment by guiding urban industrial and commercial capital input, compelling green production through the integration of rural industries, and fostering ecological awareness via the equalization of public services. The analysis of the impact mechanism reveals that integrated urban-rural development not only generates a direct enhancement effect on agricultural eco-efficiency through the optimal allocation of factors, but more importantly, it indirectly promotes agricultural eco-efficiency by facilitating agricultural technological progress. The mediating effect accounts for as high as 66.85%, indicating that agricultural technological progress plays a core bridging role in this process. (3) The impact of integrated urban-rural development on agricultural eco-efficiency exhibits significant regional heterogeneity, with the promoting effect being higher in central and southern Shandong than in northwestern Shandong and the peninsula region. (4) Based on the impact effects and mechanisms of urban-rural integration on agricultural eco-efficiency, it is recommended to optimize the allocation of agricultural resources, promote the green transformation of agriculture, and foster the integrated development of urban and rural primary, secondary, and tertiary industries. These measures aim to simultaneously enhance the level of urban-rural integration in Shandong Province and improve agricultural eco-efficiency.

Key Words: Rural-urban integration; agricultural technological progress; agricultural eco-efficiency; SBM model; mediated effects model

城乡融合是破除城乡二元结构、推动高质量发展的国家战略,其核心在于促进要素双向流动与公共资源均衡配置[1]。在这一进程中,农业生态效率作为衡量农业经济与生态环境协调程度的关键指标,其提升关乎乡村生态振兴与可持续发展[2]。需要明确的是,本文所研究的“农业生态效率”并非传统生态学中能量沿食物链传递的“生态效率”(如林德曼效率),而是一个源于环境经济学与可持续发展科学的交叉概念。即在既定农业经济产出(期望产出)下,尽可能减少资源要素投入与非期望环境产出(如污染、碳排放),或在既定投入与环境约束下实现最大经济产出的能力。因此,探究城乡融合如何影响农业生态效率,具有重要的理论与现实意义。

山东省作为农业大省,其城乡融合实践起步早、区域差异显著,为相关研究提供了理想场域。本文以山东省为研究对象,力图在以下方面深化认识:第一,在理论层面,构建“维度-指标”联动的学理分析框架,系统阐释人口、土地、资本、产业、社会融合如何通过一系列举措,影响农业生产的各类投入与产出,从而明晰其直接作用链条。第二,在实证层面,不仅检验城乡融合的直接影响,更引入农业技术进步作为中介变量、经济发展水平作为调节变量,运用中介与调节效应模型,精细化解析“城乡融合→农业技术进步→农业生态效率”这一核心传导路径,并识别其作用的边界条件。第三,在实践层面,依据鲁中、鲁南、鲁西北及半岛四大区域的异质性分析结果,提出差异化、可落地的建议。

1 理论分析与研究假设

1.1 城乡融合发展对农业生态效率的直接影响

城乡融合发展通过一系列具体措施,直接改变农业生产主体的行为与要素配置,从而作用于农业生态效

率的微观构成指标,形成清晰的直接作用路径。

在人口融合维度,乡村振兴人才支持计划(如科技特派员制度)引导农业科技人员深入农村。他们推广测土配方施肥、病虫害绿色防控等技术,直接指导农户减少化学品依赖,这导致农业生态效率投入指标中的“化肥使用量”与“农药使用量”系统性下降[3]。

在土地融合维度,农地“三权分置”改革与流转平台建设举措,促进了土地向家庭农场、合作社集中。规模经营主体为摊销新技术成本,更易采纳节水灌溉、精准施药等环境友好型技术,直接提高了“土地资源投入”与“水资源投入”的利用效率,并降低了单位面积的农资消耗[4]。

在资本融合维度,城市工商资本投资农业农村的举措,引导资本投向设施农业、生态循环项目。这些投资直接用于购置高效低排农机、建设秸秆综合利用设施,不仅提升了“农业机械投入”的绿色效能,还从源头减少了“农业碳排放”与“面源污染”等非期望产出[5]。

在产业融合维度,农村一二三产业融合发展举措,催生了绿色农产品加工、乡村旅游等新业态。加工企业与旅游市场对农产品品质与安全溯源的要求,形成倒逼机制,促使生产者遵循绿色生产标准,直接减少污染排放,同时提升“农业总产值”这一期望产出[6]。

在社会融合维度,城乡基本公共服务均等化制度体系,特别是将环境教育覆盖至农村,提升了农民群体的生态认知。环保意识的增强内化为生产决策中的绿色偏好,激励其主动减少农膜残留等行为,直接影响非期望产出[7]。

由此可见,城乡融合并非抽象概念,其多维度的具体举措通过改变“人、地、钱”的流向与使用方式,直接且具体地优化了农业生态效率的各项投入产出指标,由此提出假设 1(H1)。

H1:城乡融合发展能够有效提升农业生态效率。

这五个方面城乡融合发展对农业生态效率的直接影响路径如图 1 所示:

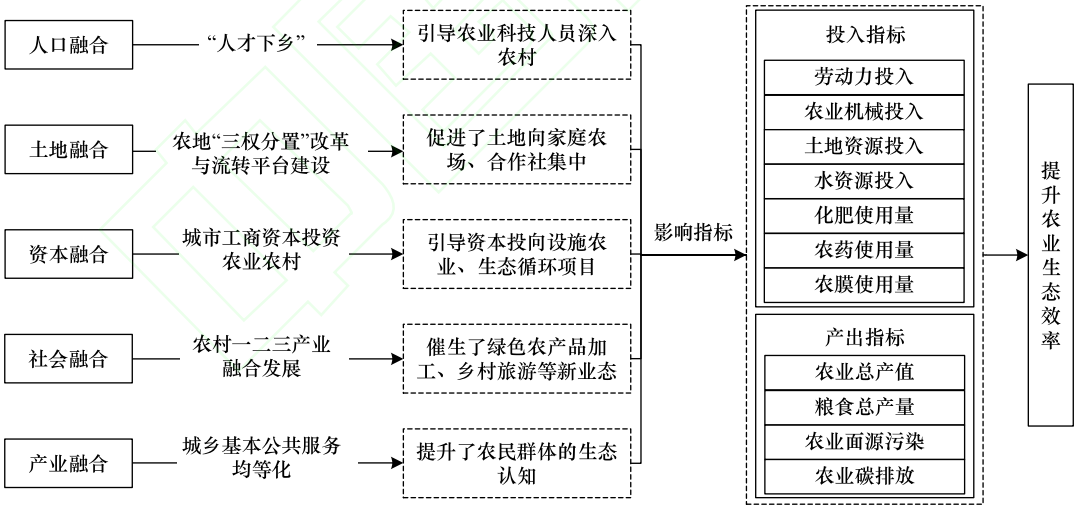

图 1　城乡融合对农业生态效率直接影响机理

Fig.1　The direct impact mechanism of urban-rural integration on agricultural eco-efficiency

这五个方面分别是:人口、土地、资本、产业和社会融合。对应的具体措施包括:人才下乡、农地三权分置改革、城市工商资本投入、农村产业融合以及公共服务均等化。这些措施会直接作用于农业生产的投入和产出环节:一方面优化劳动力、土地、水资源等资源配置,减少化肥、农药等化学品的使用;另一方面在提高农业总产值、粮食产量等正面产出的同时,降低农业面源污染、碳排放等负面产出,从而直接提升农业生态效率。

1.2　城乡融合发展对农业生态效率的间接影响

城乡融合发展对农业生态效率的促进作用,更深层地体现在其通过驱动农业绿色技术进步这一核心路径

实现的间接提升上。根据技术内生增长理论,技术创新内嵌于特定的要素配置与制度环境之中[8]。城乡融合通过重构要素流动格局与市场需求,为绿色技术的供给与应用创造了根本动力[9]。

一方面,城乡融合为技术进步注入多元要素与市场激励。资本融合引导城市资金投向智慧农业、减排技术等绿色领域,缓解研发的资金约束。产业融合催生的绿色农产品市场,通过需求信号倒逼生产端进行技术创新[10]。人口融合中人才下乡则带来了知识与技能,直接提升了技术应用能力[11]。

另一方面,城乡融合优化了技术扩散与应用的环境。社会融合完善的信息与教育网络,降低了农户学习绿色技术的成本[12]。土地融合促成的规模经营,使得采纳节水、精准农业等技术在经济效益上成为可能。这些条件共同构成了绿色技术从城市研发端向农村生产端顺畅转移并落地的"高速公路"[13]。

由此,城乡融合所引致的农业绿色技术进步,通过提高资源利用效率、减少污染排放,从根本上革新生产方式,成为提升生态效率的关键中介。提出假设 2。

H2:城乡融合通过影响农业技术进步间接影响农业生态效率,即农业技术进步在城乡融合影响农业生态效率中发挥中介效应作用。

此外,这一效应受到区域宏观发展水平的调节。根据环境库兹涅茨曲线(EKC)假说,经济发达地区通常拥有更强的环保支付意愿、更完善的治理能力与市场机制[14]。这意味着,在经济发展水平更高的地区,城乡融合所驱动的绿色要素能更有效地被吸纳和转化,其政策工具的生态效能也更易显现,从而放大对农业生态效率的促进作用。反之,在欠发达地区,该效应可能因配套能力不足而受限。因此提出假设 3。

H3:经济发展水平正向调节城乡融合发展与农业生态效率之间的关系,即在经济发展水平更高的地区,城乡融合对农业生态效率的促进作用更强。

综上所述,城乡融合发展对农业生态效率的间接影响机制如图 2 所示:

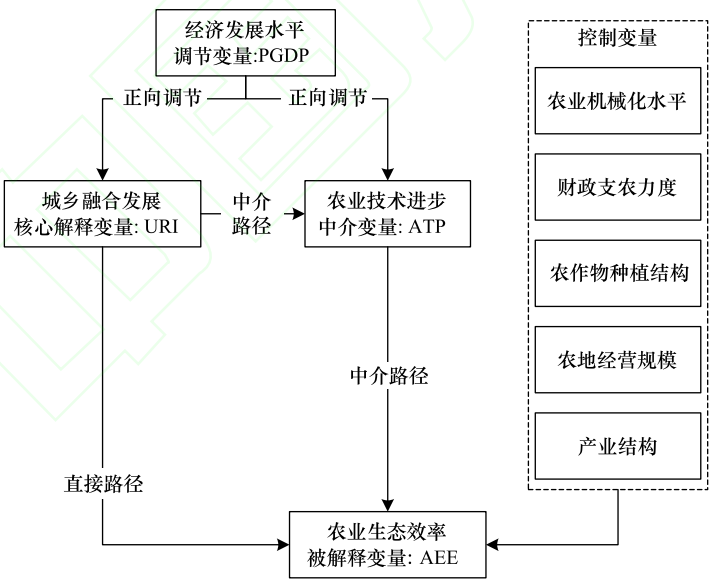

图 2 城乡融合对农业生态效率间接影响机理

Fig.2 The indirect impact mechanism of urban-rural integration on agricultural eco-efficiency

URI:城乡融合发展;AEE:农业生态效率;ATP:农业技术进步;PGDP:经济发展水平

其中,城乡融合发展(URI)是核心解释变量,它不只会直接影响农业生态效率(AEE),更重要的是,还能通过推动农业技术进步(ATP) 这条中介路径,产生间接影响。在这个过程中,经济发展水平(PGDP)起到调节作用,会正向强化城乡融合对农业生态效率的提升效果。同时,模型里也纳入了农业机械化水平、财政支农力度、产业结构等控制变量。

2　研究区域与研究方法

2.1　研究区概况

山东省简称“鲁”,省会济南。地处中国华东沿海、黄河下游,境域由半岛和内陆两部分构成,全省陆地面积15.58 万 km^2,海域面积 15.96 万 km^2。根据地理位置和行政区域可划分为鲁南(临沂、日照、济宁、枣庄、菏泽)、鲁中(济南、潍坊、淄博、泰安)、鲁西北(聊城、东营、德州、滨州)以及半岛地区(烟台、威海、青岛),如图 3 所示:

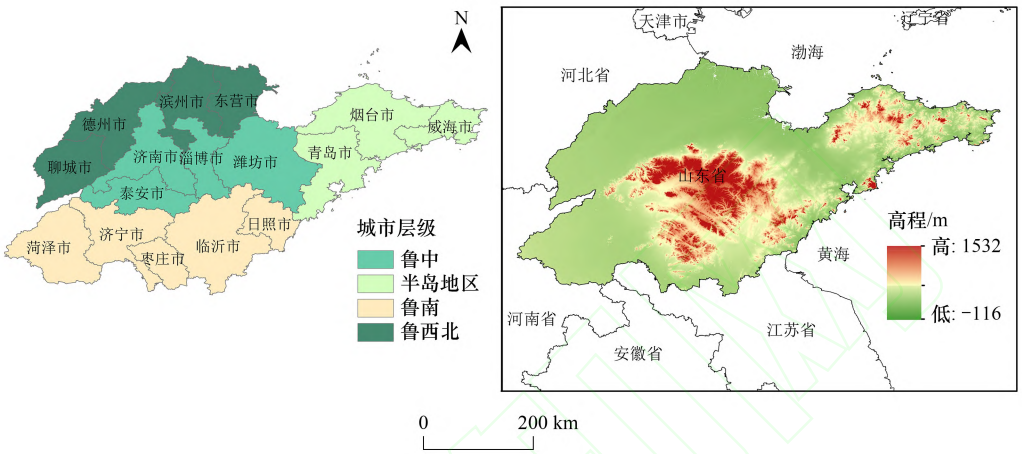

图 3　研究区域图

Fig.3　The research area map

山东省作为中国的农业大省,不仅在粮食作物生产方面占据重要地位,还积极推动城乡融合发展,致力于实现农业的绿色可持续发展。通过引进现代农业技术,推广生态种植模式,山东正逐步建立起一套既有利于生态环境保护又能提升农产品质量的发展机制。

2.2　模型构建

首先,基于上述研究假设,本文构建如下模型验证城乡融合发展对农业生态效率的直接影响。

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

式中,i 代表地级市;t 代表年份;α_0表示截距项;α_1表示核心解释变量的估计参数;α_2表示控制变量的估计参数;AEE_{it}为地区 i 在第 t 年的农业生态效率;URI_{it}为地区 i 在第 t 年的城乡融合发展水平;$controls_{it}$为一系列控制变量;μ_i为个体固定效应;θ_t为时间固定效应;ε_{it}为随机扰动项。

其次,本文对城乡融合发展影响农业生态效率的间接路径进行检验,探究城乡融合发展是否通过农业技术进步来促进农业生态效率的提升。

$$AEE_{it}=\gamma_0+\gamma_1 URI_{it}+\gamma_2 ATP_{it}+\gamma_3 Controls_{it}+\mu_i+\theta_t+\varepsilon_{it} \quad (2)$$

2.3　变量选取与研究方法

2.3.1　被解释变量

农业生态效率(AEE)。农业生态效率是衡量农业经济与资源环境协调发展的重要指标。本文参考王宝义和张卫国[15]、周青[16]及学界主流做法,并紧密结合山东省农业生产实际,构建包含投入、期望产出与非期望产出的指标体系。如表 1:

本文参考 Tone[17]提出的非径向方向性距离函数,采用规模报酬可变(VRS)假设下全局参比的超效率 SBM(Slacks-Based Measure)模型来测算农业生态效率。该模型能有效处理非期望产出,解决效率值大于 1 的排序问题,且全局参比法能保证不同年份效率值的可比性。所有变量数据在建模前均进行了标准化处理以消除量纲影响。

表 1 农业生态效率投入指标

Table 1 The agroecological efficiency input indicators

目标层 Destination layer	准则层 Criteria layer	指标层 Index layer	指标说明 Description of indicators
投入 Input	农业生产资源投入	劳动力投入	农业从业人员/万人
		农业机械投入	农业机械总动力/kW
		土地资源投入	农作物播种总面积/hm^2
		水资源投入	农业用水总量(亿 m^3)
	农业生产资料投入	化肥使用量	化肥施用量/t
		农药使用量	农药施用量/t
		农膜使用量	农业塑料薄膜使用量/t
产出 Output	期望产出	农业总产值	农业产值/亿元
		粮食总产量	粮食产量/t
	非期望产出	农业面源污染	农业面源污染综合指数
		农业碳排放	农业碳排放总量/万 t

2.3.2 解释变量

城乡融合发展(URI)。为精准刻画城乡融合的实践进程,并深入分析其影响农业生态效率的具体路径,本文从人口融合、土地融合、资本融合、产业融合、社会融合五个维度构建综合评价指标体系。该体系不仅衡量融合结果,更力图通过关键指标映射出驱动融合的关键要素配置机制,进而阐明其影响农业生态效率的学理机制。如表 2:

表 2 城乡融合发展水平指标

Table 2 The indicators on the level of urban-rural integration and development

目标层 Destination layer	指标层 Index layer	测量方法 Measurement method	指标说明 Indicator explanation
人口融合 Population integration	人均 GDP	GDP/总人口	反映区域整体经济实力,是实施各项城乡融合战略举措的宏观基础
	人口城镇化水平	城镇人口/总人口	衡量“以人为本”的新型城镇化推进成效,推动农业转移人口市民化
	非农就业比例	第二、三产业就业人数/第一产业就业人数	体现城乡统一劳动力市场建设与就业帮扶效果,促进农民职业转换
	生活水平	城乡人均存款额	反映城乡居民共享发展成果的程度,与收入增长和金融普惠行动相关
土地融合 Land integration	耕地面积比	耕地面积/农用地面积	表征耕地保护制度约束的执行效果,是农业生产的空间基础
	城乡土地配置	农地播种面积/建成区面积	映射农地“三权分置”改革与流转市场建设,影响土地要素流动性
	信息通达度	互联网宽带接入用户数/总人口	衡量数字乡村与信息惠民工程,降低城乡信息壁垒
	交通便利度	私人汽车拥有量/总人口	反映城乡基础设施一体化布局,缩短要素流动的时空距离
资本融合 Capital integration	城乡人均可支配收入比	城镇人均可支配收入/农村居民人均可支配收入	直接体现统筹城乡发展与农民增收的成效,缩小收入差距
	城乡居民家庭人均消费比	城镇居民人均消费支出/农村居民人均消费支出	反映激发农村消费市场与改善民生的效果,缩小生活水平差距
产业融合 Industrial integration	农业技术水平	农业机械总动力	映射农机购置补贴等产业支撑政策,直接推动农业生产方式变革
	工业化水平	工业增加值	衡量以工促农、县域经济培育模式,为产业融合提供载体
	科技发展水平	专利授权数	反映区域创新激励体系,是产业技术升级的源泉
社会融合 Social integration	社会救助	城乡社会福利单位床位数	体现城乡社会救助并轨与福利均等化体系
	教育资源	每万人普通中学学生数	衡量城乡义务教育均衡发展的实施情况
	医疗保障	卫生机构数	反映城乡医疗卫生服务体系建设与医保统筹运行机制
	文化储备	公共图书馆数	重视公共文化服务均等化体系建设,促进文化资源下乡

2.3.3　中介变量

农业技术进步(ATP)。考虑到城乡融合发展主要通过促进农业科技知识、要素与创新资源在城乡间流动,实现农业生产方式的绿色转型;且农业生态效率的提升本质上依赖农业技术的进步与扩散,因此本文选取农业技术进步作为唯一中介变量。同时,相较于其他潜在机制(如教育水平、制度安排、农户行为变化、农业结构优化等),技术进步具有更强的理论指向性与区域适配性,能够确保中介路径清晰可识别[18]。农业技术进步指的是在农业生产过程中,通过采用新的科学技术、改进生产方法和管理实践,从而提高农业生产效率、增加产量、改善产品质量以及减少对环境的负面影响的过程。本研究结合张宽[19]、赵芝俊[20]等研究,采用单位机械劳动力播种面积来表示。

2.3.4　调节变量

经济发展水平(PGDP)。为检验 H3,选取人均地区生产总值(万元/人) 作为调节变量,用以表征区域宏观经济发展阶段与综合实力[21]。

2.3.5　控制变量

控制其他潜在影响因素,参考相关研究,引入以下控制变量:①农业机械化水平(LAM):用单位播种面积的农业机械总动力(千瓦/公顷)表示,控制机械化程度本身对效率的影响[22]。②财政支农力度(AFS):用农林水事务支出占一般公共预算支出的比重表示,控制政府支持政策的影响[23]。③农作物种植结构(CPS):用粮食作物播种面积与经济作物等非粮作物播种面积之比表示,反映农业生产结构[24]。④农地经营规模(FOS):用农村常住人口人均农作物播种面积(公顷/人)表示,控制规模经营的影响[25]。⑤产业结构(IND):用第二、三产业增加值占 GDP 比重表示,控制区域整体经济结构的影响[26]。

2.4　数据来源与处理

本文将山东省 16 个地市作为研究对象,研究样本时间跨度为 2010—2023 年。数据主要来源于历年《山东省统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》、各地市《国民经济和社会发展统计公报》以及山东省水利厅、生态环境厅等相关部门的公开报告。对于个别缺失数据,采用线性插值法或移动平均法予以补充[27]。需要特别说明的是,由于莱芜市于 2019 年并入济南市,为保证行政区划一致性,本研究将 2019 年及之后济南市的数据视为包含了原莱芜市范围,2010—2018 年数据仍按原济南市统计范围处理,未对原莱芜市数据进行单独分析。

根据表 3 各变量的描述性统计结果可看出,农业生态效率(AEE)的均值为 1.002,整体水平接近均衡。标准差为 0.132,极值分别为 0.505 和 1.935,表明区域发展不均衡。城乡融合(URI)均值较低为 0.298,标准差为 0.104,离散程度适中,这反映出城乡融合发展整体滞后且地区间推进力度不一。农业技术进步(ATP)的标准差仅 0.070,数据集中度高,而经济发展水平(PGDP)差异极大(标准差 3.560),说明技术进步推广较均衡但经济基础悬殊。控制变量方面,财政支农力度(AFS)均值为 0.164 且标准差达 0.223,凸显政策投入不足与区域分配不均并存,而农作物种植结构(CPS)极值跨度较大(0.686—8.995),反映农业产业结构调整存在显著地域分化。整体而言,农业生态效率提升受多重因素制约,需针对性协调城乡融合、技术推广与政策资源配置的均衡性。

3　特征分析

3.1　农业生态效率测度结果分析

基于规模报酬不变(CRS)假设,利用全局参比的非期望产出超效率 SBM 模型,测算出山东省 2010—2023 年 16 地市的农业生态效率,并进一步将其划分为鲁中、鲁南、鲁西北和半岛地区。山东省四大区域农业生态效率的演变趋势,如图 4 所示:

从整体层面看,山东省农业生态效率整体呈现出先陡然上升(2010—2012 年),再趋急下降(2012—2014 年),最后波动上升(2014—2023 年)的发展趋势,总体均值从 2010 年的 0.9497 波动升至 2023 年的 1.0316,增

幅约为 9.14%。这表明山东作为全国农业大省,观测期内其各地市农业生态效率均值取得明显上升,2023 年农业生态效率均值处于相对有效状态,山东省绿色农业及生态经济取得重大进展。分区域来看,半岛地区多为沿海城市,经济实力雄厚,地理位置、技术水平及对外开放程度较其他区域具有明显优势,故观测期内半岛区域农业生态效率均值基本高于其他地区。值得注意的是,鲁中地区是观测期内农业生态效率均值唯一呈现波动下降的地区,尽管济南市农业生态效率均值(1.1085)高居全省第一,但同一区域的泰安市农业生态效率均值仅为 0.8858,究其原始数据可以看出,泰安市化肥、农药过量使用导致土壤污染和生态退化。同时,农业科技成果转化率不高,科研机构与企业的协同创新不足,阻碍了新技术推广,农业生产率较低。区域间和同一区域不同城市间农业生态效率存在显著的非均衡性特征,故未来应进一步优化山东省农业生产总体布局,因地制宜发展农业新质生产力。

表 3 变量描述性统计分析

Table 3 The descriptive statistical analysis of variables

变量名称 Variable name	符号 Symbols	度量方法 Measurement method	均值 Averages	标准差 Standard deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
农业生态效率 Agricultural eco-efficiency	AEE	超效率 SBM 模型测算值	1.002	0.132	0.505	1.935
城乡融合发展水平 Level of urban-rural Integration and development	URI	熵值法综合指数	0.298	0.104	0.098	0.674
农业技术进步 Agricultural technological progress	ATP	单位机械动力粮食播种面积/(hm^2/kW)	2.762	0.070	2.562	2.958
经济发展水平 Level of economic development	PGDP	人均 GDP(万元/人)	7.199	3.560	1.478	19.120
农业机械化水平 Level of agricultural mechanization	LAM	农业机械总动力/播种面积/(kW/hm^2)	15.460	0.830	12.500	16.500
财政支农力度 Intensity of fiscal support for agriculture	AFS	农林水支出/财政总支出	0.164	0.223	0.044	1.360
农作物种植结构 Crop planting structure	CPS	粮食/非粮播种面积比	3.134	1.840	0.686	8.995
农地经营规模 Farmland operation scale	FOS	播种面积/农村常住人口/(hm^2/人)	7.841	0.302	7.154	8.506
产业结构 Industrial structure	IND	二三产业增加值占比/%	89.512	5.123	76.340	96.780

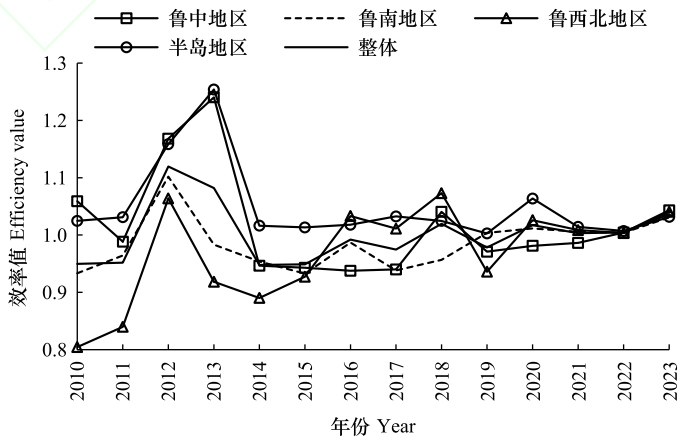

图 4 2010—2023 年山东省四大区域农业生态效率时间趋势

Fig.4 The temporal trends in agroecological efficiency in the four major regions of Shandong Province, 2010—2023

3.2　时空格局分析

山东省城乡融合发展水平在 2010 年、2016 年和 2023 年的典型年空间分布特征。如图 5 所示:

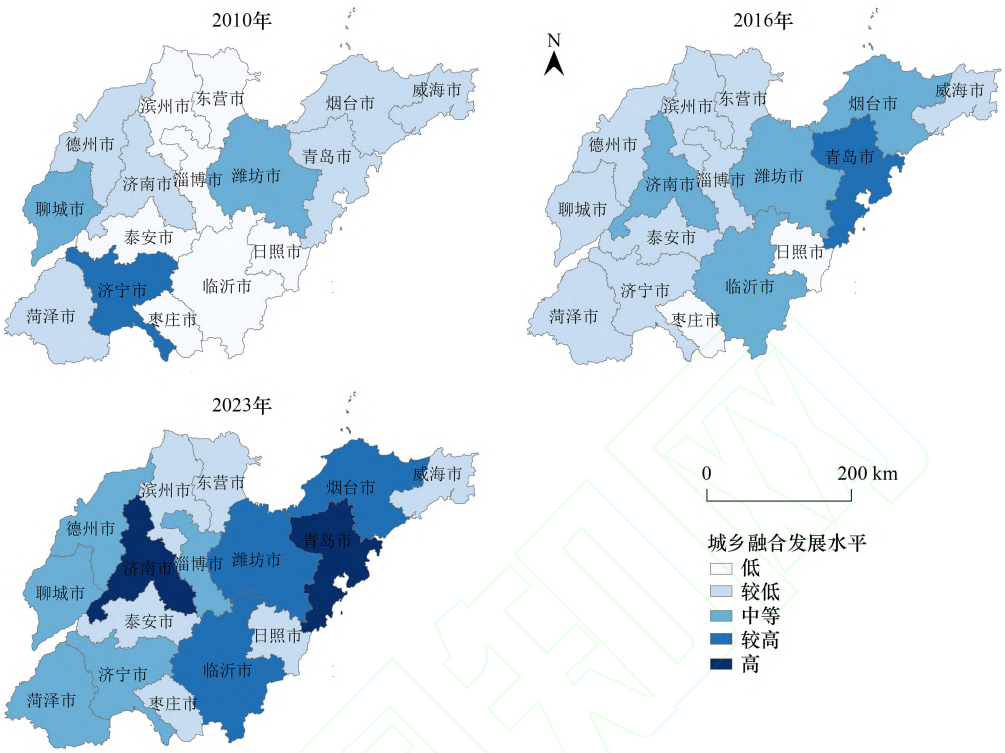

图 5　山东省城乡融合发展水平典型年空间分布图

Fig.5　The typical annual spatial distribution map of urban-rural integration development levels in Shandong Province

2010 年融合水平整体较低,大部分地区处于低或较低水平,仅青岛、烟台、济南等少数沿海及核心城市周边区域表现出较高水平;2016 年融合水平进一步提升,更多地区升至中等或较高,尤其沿海城市青岛、烟台、威海及省会城市济南提升明显;2023 年,融合发展水平实现整体跃升,大部分地区达中等以上,沿海区域几乎全部为较高或高水平,内陆地区(如德州、聊城)亦提升至中等或较高水平,城乡融合发展成效显著。

山东省农业生态效率在 2010—2023 年的动态演变特征。如图 6 所示:

2010 年高效率区域集中于济南、青岛等城市及其周边,菏泽、枣庄等地处于低效水平,整体呈现中高效率为主、区域差异明显的格局;2016 年高效区域显著扩展,济南、青岛、烟台等核心城市带动周边形成更大范围的高效率区,中等效率区域同步增加而低效区域减少,反映出整体效率提升与空间集聚效应增强;2023 年,高效区域已覆盖更多城市及其周边,中等效率区进一步巩固,低效区域大幅收缩,区域间生态效率差距持续缩小,山东省农业生态效率在时间维度上呈现稳步增长趋势,空间分布由不平衡向均衡化演进,生态效益提升显著。

4　结果分析

4.1　基准回归结果

城乡融合发展对农业生态效率影响的回归结果。如表 4 所示:

列(1)—(4)结果显示,城乡融合发展对农业生态效率的影响在 1%的水平上显著为正,说明城乡融合发展显著提升了山东省农业生态效率,H1 得到验证。具体而言,城乡融合通过人口、土地、资本、产业与社会五个维度的协同推进,系统优化了农业资源配置与生产方式。人口的流动不仅带来了高素质劳动力和先进理念,还推动了农业生产的科学化与组织化;土地资源的整合与高效利用,促进了土地流转、农业规模化和集约

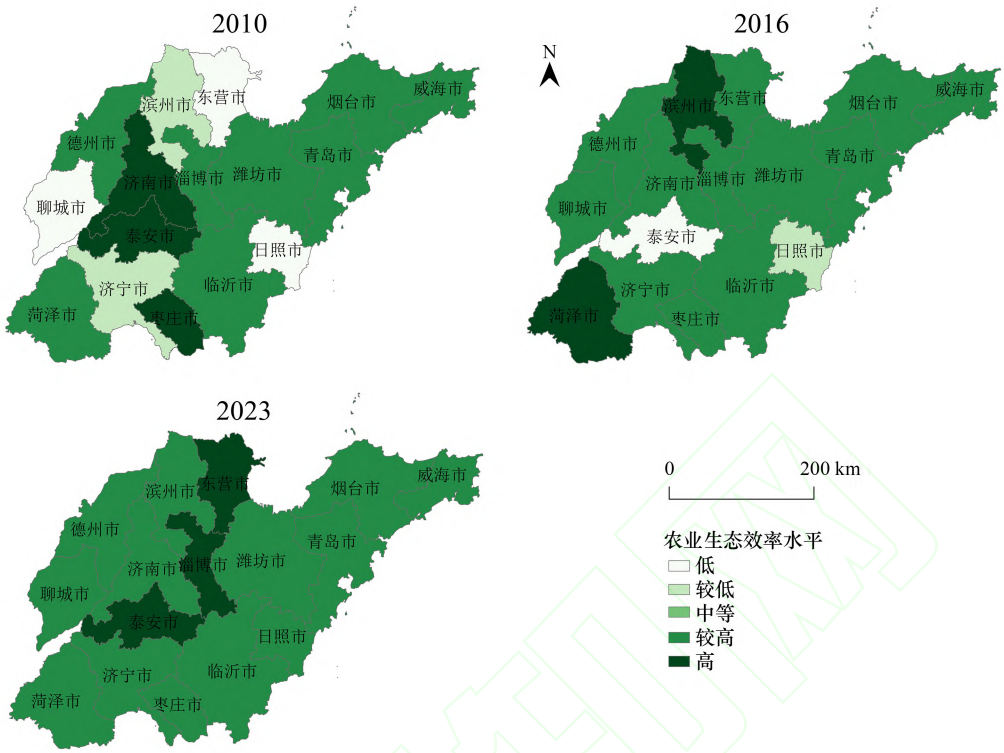

图 6 山东省农业生态效率典型年空间分布图

Fig.6 The spatial distribution map of typical years of agricultural ecological efficiency in Shandong Province

化经营,减少了土地过度开发和生态退化;资本的持续投入不仅改善了农村基础设施,更带动了绿色技术和现代农业技术的推广应用,如节水灌溉、精准施肥和生态种养模式,从而降低了资源消耗和环境污染。城乡产业链延伸催生了农村电商、乡村旅游等新业态,通过引入现代管理标准与绿色生产规范,优化了农业投入结构,减少了资源浪费;城乡基本公共服务均等化提升了农村教育、医疗与文化供给水平,增强了农民综合素质与生态意识,为绿色生产方式的普及营造了良好的社会环境。“人、地、钱、业、治”五维协同的深度融合为农业绿色技术创新与扩散和生态治理能力提升创造了条件,使农业生产方式向资源节约型、环境友好型转变。正是在这种多要素协同、城乡互动增强的过程中,资源配置更加合理,生产方式更加绿色,最终有效提升了农业生态效率。

表 4 基准回归结果

Table 4 The benchmark regression results

变量 Variable	(1) 农业生态效率 AEE	(2) 农业生态效率 AEE	(3) 农业生态效率 AEE	(4) 农业生态效率 AEE
城乡融合发展 URI	0.581***(0.138)	0.692**(0.327)	1.121***(0.177)	0.718**(0.344)
控制变量 Controls	是	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	否	是	否	是
个体固定效应 Individual fixed effect	否	是	否	是
常数项 Constant	0.845***(0.038)	0.792***(0.079)	2.090***(0.267)	2.380***(0.687)
样本量 N	224	224	224	224
拟合系数 R^2	0.0699	0.0893	0.1901	0.1723

* $P<0.1$, ** $P<0.05$, *** $P<0.01$,括号内为标准误;URI:城乡融合发展 Urban-Rural Integration;AEE:农业生态效率 Agricultural Eco-Efficiency

4.2　稳健性检验

(1)替换核心解释变量。为检验研究结果的稳健性,基于前文构建的城乡融合指标体系,采取全局主成分分析法降维后的总分来衡量城乡融合发展水平。替换核心解释变量后,城乡融合对农业生态效率的提升仍然存在显著的促进作用,说明研究结论具有稳健性。

(2)分样本回归。2016 年是“十三五”规划(2016—2020 年)的开局之年,国家明确提出强化生态环境保护,提升绿色发展水平、推进生态文明建设的目标。未验证在国家政策驱动作用下,城乡融合不同发展阶段对农业生态效率提升的影响是否存在差异,本文以 2016 年为分界点,将样本划分为 2010—2016 年、2017—2023 年两个发展阶段,对基准回归模型进行回归分析。如表 5 所示:

表 5　稳健性检验结果

Table 5　The robustness test results

变量 Variable	替换核心解释变量 Replacement of core explanatory variables	分样本回归 Subsampleregression	
		2010—2016	2017—2023
城乡融合发展 URI	0.064*(0.032)	2.624*(1.457)	1.194***(0.370)
控制变量 Controls	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是
个体固定效应 Individual fixed effect	是	是	是
常数项 Constant	1.221(0.766)	0.658(0.432)	6.325*(3.678)
样本量 N	224	112	105
拟合系数 R^2	0.2701	0.0364	0.0473

* $P<0.1$, ** $P<0.05$, *** $P<0.01$,括号内为标准误

通过回归结果发现,城乡融合系数在两个时间阶段均呈现显著正向作用,且 2016 年后作用效果更加明显,再次表面城乡融合发展对农业生态效率的提升有促进作用。

4.3　内生性问题处理

考虑到基准回归结果可能受到不可观测因素的影响,遗漏变量问题可能导致估计偏误。为增强研究结论的稳健性,本文采用工具变量法缓解潜在的内生性问题。第一,借鉴李欣泽等[28]以及吉赟和杨青[29]的做法,采用地形起伏度(slope)构造工具变量。地形越平坦,基础设施建设成本越低,人口、资本和产业等要素在城乡间的流动越便利,从而更有利于推进城乡融合。且地形起伏度属于长期稳定的自然地理特征,具有很强的外生性。第二,参考徐扬和韦东明[30]以及张峻等人[31]构造工具变量的方法,选取各地级市儒家书院的数量(rjsy)构造知识产权试点城市政策的工具变量,生成书院与试点城市政策时间虚拟变量的交互项作为工具变量。书院形成于数百年前,作为传统教育与文化中心,其空间分布由历史科举制度与地方文教传统决定,具有高度外生性。山东是儒家文化发源地,书院集中地区往往具有更强的公共服务供给能力与人才吸引力,有利于推进城乡要素双向流动。回归结果如表 6 所示:

第一阶段工具变量的回归结果均在 1%的水平上显著,满足工具变量和城乡融合发展的相关性假设;第二阶段城乡融合发展的回归同样均在 1%的水平上显著且显著为正,依旧通过了显著性检验。另外,由 LM 检验和 F 检验的结果可以看出,Kleibergen-Paap rk LM 统计量均拒绝了工具变量识别不足的假设;Cragg-DonaldWald F 统计量均通过弱工具变量检验,这表明工具变量的选择是合理的。在考虑了内生性问题后,模型依然支持“城乡融合发展能够显著提升农业生态效率”的结论,本研究的结论稳健可靠。

4.4　区域异质性分析

考虑到山东省内四大区域发展条件迥异,城乡融合对农业生态效率的影响可能存在异质性[32]将全样本按区域分组进行回归,结果如表 7 所示:

表 6 工具变量检验回归结果

Table 6 The instrumental variable test regression results

变量 Variable	(1) 城乡融合发展 URI	(2) 农业生态效率 AEE	(3) 城乡融合发展 URI	(4) 农业生态效率 AEE
城乡融合发展 URI		0.296***(3.36)		0.445***(3.40)
工具变量地形起伏度 IV(slope)	−0.001***(−5.16)			
工具变量儒家书院数量 IV(rjsy)			0.002***(7.27)	
常数项 Constant	−0.404***(−2.84)	1.287***(7.87)	−0.647***(−5.16)	1.879***(6.36)
第一阶段 F 统计量 First-stage F Statistic	26.65***[0.000]		52.91***[0.000]	
Kleibergen-Paap rk LM 统计量		12.15***[0.000]		42.43***[0.000]
Cragg-DonaldWald F 统计量		19.12***{16.38}		112.70***{16.38}
控制变量 Controls	是	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是	是
个体固定效应 Individual fixed effect	是	是	是	是
样本量 N	224	224	224	224
拟合系数 R^2	0.080	0.172	0.342	0.163

小括号内为 t 值,中括号内为 P 值,大括号内为临界值;*IV*:工具变量 Instrumental Variable;slope:地形起伏度 Terrain Ruggedness Index;rjsy:儒家书院的数量 The number of Confucian academies;IV(slope):工具变量地形起伏度 Instrumental Variable: Terrain Ruggedness;IV(rjsy):工具变量儒家书院数量 Instrumental variable: Number of Confucian academies

表 7 区域异质性分析检验结果

Table 7 The regional heterogeneity analysis test results

变量 Variable	(1) 鲁南地区 Southern Shandong region	(2) 鲁中地区 Central Shandong region	(3) 鲁西北地区 Northwest Shandong region	(4) 半岛地区 Peninsula region
城乡融合发展 URI	0.805*(0.437)	1.136**(0.506)	0.558(0.404)	0.800(0.614)
控制变量 Controls	是	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是	是
个体固定效应 Individual fixed effect	是	是	是	是
常数项 Constant	3.874***(1.116)	1.737***(0.534)	6.811***(1.755)	8.754*(5.064)
样本量 N	70	56	56	42
拟合系数 R^2	0.4068	0.1194	0.4978	0.5810

* $P<0.1$, ** $p<0.05$, *** $P<0.01$,括号内为标准误

城乡融合的促进作用在鲁中地区最为显著(系数 1.136),且统计意义最强。这印证了该区域作为全省交通枢纽和经济核心,城乡互动紧密,融合产生的技术溢出、产业联动和要素重组效应对生态效率提升作用直接而强烈。鲁南地区也显示出显著的正向效应(系数 0.805)。作为传统农区和人口大区,城乡融合带来的外出劳动力回流带来的新观念、以及承接产业转移带来的技术与管理输入,对改造传统农业生产方式、提升生态效率产生了积极影响。相比之下,鲁西北地区和半岛地区的系数虽为正,但未通过显著性检验。对于鲁西北地区,可能因为其自然生态本底相对脆弱,农业基础设施历史欠账较多,城乡融合的要素流入尚不足以克服这些结构性制约,生态效率提升的响应存在滞后或门槛。对于半岛地区,其城乡融合与农业现代化水平均已处于较高阶段,农业在经济中的比重相对较低,边际提升空间收窄,城乡融合的进一步深化可能更多体现在非农领域,对农业生态效率的边际拉动效应因此不显著。这一异质性分析表明,实施城乡融合政策必须坚持因地制宜,精准匹配不同区域的发展阶段和核心诉求。

4.5 中介效应回归结果

前文分析已表明,城乡融合发展可能通过农业技术进步提升农业生态效率,为了检验上述中介效应是否存在,本文使用乘积系数检验法,即采用 Bootstrap 抽样法进行中介作用检验。根据前文文献梳理和理论分析,城乡融合通过促进人口、土地、资本等生产要素的双向流动,为农业技术的进步提供了必要的条件和支持。

这些先进的农业技术革新了传统的农业生产方式,降低了农药、化肥等生产要素的超量使用引发的生态环境问题,大幅提高了资源利用效率,促进了农业生产的绿色转型。同时,城乡之间的知识交流和技术扩散加速了新技术的应用,进一步提升了农业生态系统的稳定性和产出能力,从而实现对山东省农业生态效率的显著提升。随着农业技术的进步,更先进的农业机械设备被开发并应用于生产中,这些设备能够显著提高作业效率和精确度[33]。较高的单位机械劳动力播种面积意味着同样的劳动力投入可以获得更大的耕种面积,反映了劳动生产率的提高。通过使用高效率的机械设备,农民可以更好地管理土壤、水和肥料等资源,从而优化资源配置,减少浪费[34]。技术进步的实现,依托于城乡融合所推动的资本投入增加、先进农业机械与技术的引入扩散,以及人才流动的加速。技术进步的实现,依托于城乡融合所推动的资本投入增加、先进农业机械与技术的引入扩散,以及人才流动的加速。这种由城乡融合驱动的技术进步,在农业生产中发挥了关键作用,不仅革新了传统生产方式,还有效降低了农药和化肥的过度使用,提升了资源利用效率。通过优化资源配置和减少浪费,高效率的机械设备进一步促进了农业生产的绿色转型[35]。

农业技术进步在城乡融合发展提升农业生态效率的过程中发挥了部分中介的作用。这表明城乡融合通过促进技术进步间接提高了农业生态系统的稳定性和产出能力,从而显著提升了农业生态效率。这一过程体现了城乡融合对农业可持续发展和生态友好型农业建设的重要推动作用。如表 8 所示:

表 8　中介效应模型回归结果

Table 8　The mediated effects model regression results

变量 Variable	(1) 农业生态效率 AEE	(2) 农业技术进步 ATP	(3) 农业生态效率 AEE
城乡融合发展 URI	0.718**(0.344)	0.480***(0.136)	0.646*(0.378)
农业技术进步 ATP			0.826***(0.169)
控制变量 Controls	是	是	是
时间固定效应 Time fixed effect	是	是	是
个体固定效应 Individual fixed effect	是	是	是
常数项 Constant	2.380***(0.687)	1.875***(0.273)	0.855(0.719)
样本量 N	224	224	224
拟合系数 R^2	0.1723	0.4325	0.2649

* P<0.1, ** P<0.05, *** P<0.01,括号内为标准误;ATP:农业技术进步 Agricultural Technological Progress

城乡融合通过 66.845%的农业技术进步去影响农业生态效率,剩余部分则是城乡融合发展直接对山东省的农业生态效率进行影响。如表 9 所示:

表 9　中介作用效用量结果

Table 9　The intermediation utility results

项 Term	检验结论 Test conclusion	c 总效应 C total effect	a×b 中介效应 a×b Mediating effect	c′直接效应 c′Direct effect	效应占比 Efficiency ratio
AEE →ATP→URI	部分中介	0.718	0.480	0.646	66.85%

城乡融合带来的资本、技术和人才流动加速了先进农业机械与技术的应用,使得农业生产更加高效和环保。同时,直接效应则反映了城乡人口、土地、资本、产业、社会的高效融合对农村生态环境治理能力和农业生产绿色化水平的直接改善作用,实现了保护环境和经济增长的协调发展。两者相辅相成,共同促进了农业生态效率的全面提升,为实现农业可持续发展目标提供了坚实的基础,推动了农业绿色产业化进程。

4.6　调节效应分析

调节效应模型的估计结果,用于检验 H3。如表 10 所示:

列(1)仅放入调节变量经济发展水平(PGDP),其系数显著为正,表明经济发展水平本身对农业生态效率有正向影响。列(2)加入了城乡融合(URI)与经济发展水平(PGDP)的交互项(URI×PGDP)。结果显示,交

互项系数为 0.042,且在 5%的水平上显著为正。这意味着,城乡融合发展对农业生态效率的促进效应,会随着地区经济发展水平的提高而增强。具体而言,在经济发展水平较高的地区,城乡融合所蕴含的绿色技术、高端人才、生态资本等高级要素更能被有效吸纳和转化,完善的市场机制和严格的环保规制也确保了融合发展的“绿色成色”,从而放大了其生态正效应。H3 得到支持。这一发现揭示了城乡融合政策效力的一个重要边界条件,提示政策实施需考虑区域发展阶段。

表 10 调节效应检验结果

Table 10 The moderating effect test results

变量 Variable	(1) 农业生态效率 AEE	(2) 农业生态效率 AEE
城乡融合发展 URI	0.701 ** (0.345)	0.685 ** (0.338)
经济发展水平 PGDP	0.015 ** (0.006)	0.014 ** (0.006)
城乡融合与经济发展水平的交互项 URI×PGDP		0.042 ** (0.020)
控制变量 Controls	是	是
个体/时间固定效应 Individual/Time Fixed Effects	是	是
常数项 Constant	2.301 *** (0.690)	2.290 *** (0.677)
样本量 N	224	224
拟合系数 R^2	0.175	0.182

$P<0.1$, ** $P<0.05$, *** $P<0.01$,括号内为标准误;PGDP:经济发展水平 Level of economic development;URI×PGDP:城乡融合与经济发展水平的交互项 The interaction term between urban-rural integration and economic development levels

5 主要结论与对策建议

5.1 主要结论

本文以山东省为研究对象,基于 2010—2023 年 16 个地市的面板数据,综合运用超效率 SBM 模型、固定效应模型、调节效应模型及 Bootstrap 中介检验等方法,系统考察了城乡融合发展对农业生态效率的影响及其作用机制,得出以下主要结论:

第一,时空演进上,山东省农业生态效率总体呈波动上升趋势,均值增幅约 9.14%,但区域非均衡性突出,鲁中地区内部差异最大。城乡融合发展水平实现整体跃升,空间上呈现由沿海核心城市向内陆梯度扩散的格局,与农业生态效率的高值区存在空间耦合但非完全重叠。

第二,直接影响上,城乡融合发展对农业生态效率具有显著的直接提升作用,该结论在经过变量测度替换、分样本检验及工具变量法处理内生性后依然稳健。机制解析表明,这一直接影响根植于城乡融合五维度(人口、土地、资本、产业、社会)通过具体路径分别优化或影响农业生态效率的各类投入产出指标(如通过人力资本改善减少化学品投入、通过规模经营提高资源利用效率等),形成了多维联动的学理作用链条。

第三,作用机制上,城乡融合发展不仅产生直接效应,更重要的是通过促进农业技术进步对农业生态效率产生间接推动作用。中介效应分析显示,农业技术进步的中介效应占比约为 55.2%,是城乡融合影响农业生态效率的核心传导路径。同时,经济发展水平正向调节城乡融合与农业生态效率的关系,表明融合政策的生态效益在发达地区更易显现。

第四,区域异质上,城乡融合的促进效应存在显著空间差异,对鲁中、鲁南地区的积极作用明显强于鲁西北和半岛地区,反映出区域发展阶段、资源禀赋和产业结构对融合效果的深刻影响。

5.2 对策建议

基于前述研究发现及“维度-指标-机制”的分析框架,为更精准地发挥城乡融合对农业生态效率的驱动作用,提出以下具针对性的对策建议:

第一,实施分区精准调控,优化城乡融合的生态导向。摒弃“一刀切”的粗放模式,紧密结合区域异质性结论与本地城乡融合指标短板,因地制宜打通融合堵点。对于鲁中地区,应强化其在人口融合(高城镇化率、

非农就业)与产业融合(高专利水平)上的优势,重点打造绿色技术协同创新示范区,推动济南的科技资源向泰安等周边地区辐射,针对性解决其内部效率差异巨大的问题。对于鲁南地区,需着力提升其资本融合(降低城乡收入比)与社会融合(增加公共服务供给) 水平,搭建平台吸引外出劳动力携带资金与绿色技术返乡,并承接绿色农产品加工等生态友好型产业转移。对于鲁西北地区,城乡融合发展需优先与 “土地融合”中的耕地保护与高效利用、以及“社会融合”中的基础设施建设相结合,重点补齐高标准农田、节水灌溉等短板,提升其绿色发展的基础承载力。对于半岛地区,则应推动城乡融合向高质量纵深发展,利用其较高的 “产业融合”与“资本融合” 水平,聚焦智慧农业、碳汇农业等前沿,探索生态效率提升的领先模式。

第二,聚焦高质量要素流动,疏通“人、地、钱、技”的绿色通道,并直接对标城乡融合指标体系。在“人”的方面,制定专项政策激励指标体系中 “非农就业比例”与“城乡人均存款” 的提升,吸引绿色人才下乡,并对其开展的绿色技术推广项目给予补贴[36]。在“地”的方面,在推进农地流转(对应“城乡土地配置比” 指标)时,将土壤健康、生态保护条款纳入合同,引导土地向绿色生产集中。在“钱”的方面,设立省级农业绿色转型基金,引导城市资本(对应“资本融合”维度)精准投向节水农机、有机肥等环节,并配套绿色信贷贴息[37]。在“技”的方面,强化 “产业融合”中科技水平指标与“社会融合”中信息通达度指标 的联动,构建城乡一体的绿色技术信息平台,鼓励社会化服务组织成为技术推广主体[38]。

第三,强化绿色技术的中枢地位,构建“融合-创新-效率”的提升闭环。鉴于农业技术进步是关键中介,相应举措应着力放大此效应。一是改革农业技术推广体系,推行“项目制”,激励企业、合作社(与“产业融合”水平提升相关)成为绿色技术推广主体[39]。二是实施与生态效益挂钩的精准补贴,将补贴与化肥农药减量(直接影响农业生态效率的“化肥使用量”、“农药使用量”指标)、碳排放减少等可监测结果直接挂钩,激励农户采纳绿色技术[40]。

本研究仍存在一定局限:如农业生态效率测算中,对部分非期望产出(如面源污染)的量化仍依赖估算系数,可能影响精度;其次,城乡融合指标虽力求全面,但对某些政策效应(如生态补偿)的刻画可能不够直接;最后,研究主要基于市级面板数据,未能深入微观主体行为。未来研究可在此基础上:一是采用更高精度的环境监测数据或微观调查数据,提升指标测算的准确性;二是构建更具政策指向性的融合指标,或利用准自然实验等方法进一步识别因果效应;三是将研究拓展至全国或其他典型区域,并尝试引入空间计量模型,探讨区域间的溢出效应。

参考文献(References):

[1] 潘明明. 土地规模化经营对农业生态效率影响及城乡市场分割调节作用探析. 北方园艺, 2021(7): 154-161.

[2] 张振旺, 李建强. 城乡融合对中国农业生态效率的影响及其机制. 资源科学, 2024, 46(8): 1570-1587.

[3] 王圣云, 林玉娟. 中国区域农业生态效率空间演化及其驱动因素——水足迹与灰水足迹视角. 地理科学, 2021, 41(2): 290-301.

[4] 孔凡斌, 蒋定宏, 徐彩瑶. 经济发达地区农业生态效率对城乡收入差距的影响——以浙江省为例. 中国农业大学学报, 2024, 29(9): 307-322.

[5] 郭庆, 刘静, 宋蕊. 农地流转对农业生态效率的影响及作用机制分析. 农业现代化研究, 2024, 45(3): 387-398.

[6] 王连, 檀晶, 李钰焜. 数字技术创新的经济增长效应: 理论分析与经验证据. 统计与决策, 2025, 41(15): 115-120.

[7] 侯孟阳, 姚顺波. 1978—2016 年中国农业生态效率时空演变及趋势预测. 地理学报, 2018, 73(11): 2168-2183.

[8] 崔许锋, 熊嘉琪, 刘雍. 农业生态效率: 进展、挑战与展望. Journal of Resources and Ecology, 2024, 15(5): 1358-1367.

[9] 吴梵, 高强, 刘韬. 农业科技创新、空间溢出与农业生态效率. 统计与决策, 2020, 36(16): 82-85.

[10] 姜智强, 刘伊霖, 曾智, 秦光远. 财政环保支出对农业生态效率的影响研究——来自长江经济带发展战略的经验证据. 经济问题, 2022(6): 113-122.

[11] 李文启, 赵家未. 黄河流域农业生态效率与绿色全要素生产率耦合协调研究. 生态经济, 2022, 38(5): 121-128, 168.

[12] 闫明涛, 乔家君, 瞿萌, 韩冬. 河南省农业生态效率测度、空间溢出与影响因素研究. 生态与农村环境学报, 2022, 38(11): 1396-1405.

[13] 袁培, 周颖. 黄河流域农业生态效率的时空演变及改善路径研究. 生态经济, 2021, 37(11): 98-105.

[14] 陈卫洪, 于晴. 农业社会化服务对长江经济带农业生态效率的影响——基于劳动力和资本要素配置视角. 华东经济管理, 2025, 39(1): 21-30.

[15] 王宝义, 张卫国. 中国农业生态效率的省际差异和影响因素——基于 1996—2015 年 31 个省份的面板数据分析. 中国农村经济, 2018(1): 46-62.
[16] 周青, 徐炜蕾, 张亚丽, 吴锋. 基于网络 DEA 模型的农业种养结合生态效率评价. 生态学报, 2025, 45(9): 4561-4572.
[17] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
[18] Coelli T J, Rao D S P. Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980 - 2000. Agricultural Economics, 2005, 32(s1): 115-134.
[19] 张宽, 邓鑫, 沈倩岭, 漆雁斌. 农业技术进步、农村劳动力转移与农民收入——基于农业劳动生产率的分组 PVAR 模型分析. 农业技术经济, 2017(6): 28-41.
[20] 赵芝俊, 袁开智. 中国农业技术进步贡献率测算及分解: 1985—2005. 农业经济问题, 2009(3): 28-36.
[21] 陆杉, 熊娇, 李雯. 长江中游地区农业生态效率空间关联网络演化及驱动因素. 生态学报, 2024, 44(8): 3199-3212.
[22] 熊曦, 刘欣婷, 汤春玲, 蔡珍贵, 于浩淼. 城乡产业融合的主抓手: 生态产品价值实现机制与路径探索——基于文献计量热点分析. 生态经济, 2024, 40(4): 220-227.
[23] 罗棋方, 苑祎然, 熊曦. 长株潭地区县域生态旅游与城乡融合发展协调度评价. 中南林业科技大学学报, 2024, 44(7): 173-183.
[24] 熊曦, 宁泷. 数字经济赋能农产品区域品牌: 作用机制与路径研究. 财经理论与实践, 2025, 46(4): 104-111.
[25] 熊曦, 段宜嘉, 傅为一, 肖俊. 长江中游城市群城镇化效率评价及时空分异. 经济地理, 2021, 41(3): 105-112.
[26] 肖俊, 熊曦, 王哲翀, 蔡珍贵, 张伏中, 熊芳钰. 基于耦合协调度模型的长株潭城市群生态城镇化发展水平时空分异研究. 中南林业科技大学学报: 社会科学版, 2021, 15(2): 45-52.
[27] 林利平, 张悟移. 粮食主产区农业生态效率时空特征、驱动因素及提升路径. 资源科学, 2025, 47(2): 402-416.
[28] 李欣泽, 纪小乐, 周灵灵. 高铁能改善企业资源配置吗 ——来自中国工业企业数据库和高铁地理数据的微观证据. 经济评论, 2017(6): 3-21.
[29] 吉赟, 杨青. 高铁开通能否促进企业创新: 基于准自然实验的研究. 世界经济, 2020, 43(2): 147-166.
[30] 徐扬, 韦东明. 城市知识产权战略与企业创新——来自国家知识产权示范城市的准自然实验. 产业经济研究, 2021(4): 99-114.
[31] 张峻, 刘小勇, 王昕芊. 国家知识产权试点政策是否促进了城市创新合作. 经济学动态, 2023(5): 72-91.
[32] 魏后凯. 深刻把握城乡融合发展的本质内涵. 中国农村经济, 2020(6): 5-8.
[33] 胡平波, 钟漪萍. 政府支持下的农旅融合促进农业生态效率提升机理与实证分析——以全国休闲农业与乡村旅游示范县为例. 中国农村经济, 2019(12): 85-104.
[34] 尹科, 王如松, 周传斌, 梁菁. 国内外生态效率核算方法及其应用研究述评. 生态学报, 2012, 32(11): 3595-3605.
[35] 周新秀, 刘岩. 城乡融合发展评价指标体系的构建与应用——以山东省为例. 山东财政学院学报, 2010(1): 87-88, 86.
[36] 赵华平, 袁方玉, 孟宏玮. 数字基础设施赋能城乡融合发展的机制研究. 城市问题, 2023(12): 16-28.
[37] 刘成坤, 汪乐, 孟静静. 农业机械化影响农业生态效率的理论分析及实证检验. 中国生态农业学报, 2025, 33(6): 1219-1234.
[38] 丁敬达, 李晓, 邱均平. 内生增长理论视域下数据要素驱动新质生产力发展的路径探讨. 现代情报, 2024, 44(11): 4-8.
[39] 张岚欣, 蒲艳萍, 袁柏惠. 城镇基本公共服务均等化与农村流动人口土地流转. 中南财经政法大学学报, 2025(4): 54-67, 147.
[40] 龚斌磊. 农业技术进步研究: 方法变迁与应用动态. 中国社会科学评价, 2025(1): 110-118.