

引用格式: 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[J]. 资源科学, 2024, 46(8): 1570–1587. [Zhang Z W, Li J Q. Impact of urban-rural integration on agricultural ecological efficiency in China and mechanism[J]. Resources Science, 2024, 46(8): 1570–1587.] DOI: 10.18402/resci.2024.08.09

城乡融合对中国农业生态效率的影响及其机制

张振旺, 李建强

(四川农业大学管理学院, 成都 611130)

摘要:【目的】城乡融合是影响农业生态效率的关键要素, 本文通过厘清两者之间的逻辑关系及其机制, 为推动农业生态效率稳步提升、促进农业绿色发展提供政策启示。【方法】基于2006—2020年中国31个省份的面板数据, 采用熵值法和Super-NSBM模型分别对城乡融合水平、农业生态效率及其子阶段进行测度, 分析城乡融合和农业生态效率的时空演进, 然后综合运用固定效应模型和门槛效应模型剖析了城乡融合对农业生态效率的影响及其作用机制。【结果】①城乡融合不仅可以有效促进农业生态效率的提高, 而且在农业生产积累阶段和农业生态治理阶段均呈现显著的促进作用, 城乡融合主要是通过改善技术效率对农业生态效率产生影响。从城乡融合分解项来看, 土地的融合和资本的融合是农业生态效率提升的关键所在。②从地理区位和粮食生产功能区异质性来看, 中西部地区的城乡融合对农业生态效率有显著的提升作用, 而东部地区的作用效果并不显著。相较于粮食主产区, 城乡融合在非粮食主产区可以产生出更大的农业生态效率提升效应。③随着城乡融合发展水平的提高, 城乡融合对农业生态效率的促进作用存在着显著的门槛效应, 即城乡融合对农业生态效率的正向影响具备边际效应递减的特征。【结论】城乡融合对中国农业生态效率具有积极影响, 且这一影响具备地理区位异质性、粮食生产功能区异质性和门槛效应。为此, 应鼓励绿色创新技术的自主开发和引进, 拓宽绿色生产技术应用渠道, 通过建立差别化的城乡融合发展体制机制, 推动人、土地、资本高效融合, 以实现农业绿色和经济增长的协调发展。

关键词: 城乡融合; 农业生态效率; 技术效率; Super-NSBM模型; 门槛效应; 中国

DOI: 10.18402/resci.2024.08.09

1 引言

改革开放以来, 中国农业生产能力快速提升, 极大满足了城乡居民对不同类型农产品的消费需求。但与此同时, 农药、化肥等生产要素的超量使用也带来了土壤板结、水土流失加剧和生物活性降低等一系列生态环境问题, 严重阻碍了农业可持续发展进程^[1]。农业生态效率作为实现农业可持续发展的重要指标, 已成为农业可持续发展和乡村全面振兴的重要议题^[2]。党的二十大报告中指出, 要“坚持农业农村优先发展, 坚持城乡融合发展, 畅通城乡要素流动。加快建设农业强国, 扎实推动乡村产

业、人才、文化、生态、组织振兴”。可见, 统筹推进城乡融合发展已经成为中国实现乡村全面振兴的重要举措^[3]。城乡融合是在城乡发展不平衡、农村发展不充分背景下提出的, 具有乡村全面振兴和城镇高质量发展两大命题^[4,5], 旨在破解城乡二元结构, 加速城乡间要素流动, 优化要素配置效率^[6], 而要素配置效率的完善则是提高农业生态效率的关键^[7]。理论上, 统筹城乡融合发展作为乡村振兴的重要举措, 在促进农村经济增长和生态环境治理方面扮演着重要角色^[8], 有助于农业生态可持续发展的实现。那么, 实践中城乡融合发展能否成为提高

收稿日期: 2023-11-04; 修订日期: 2024-02-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(72103152; 72403071); 四川省科技厅软科学研究项目(22RKX0099); 四川省农村发展研究中心重点项目(CR1701)。

作者简介: 张振旺, 男, 河南长垣人, 博士研究生, 研究方向为农业资源与环境经济、农业经济管理。E-mail: zwzhang1998@163.com

通讯作者: 李建强, 男, 四川夹江人, 教授, 博士生导师, 研究方向为农业经济管理。E-mail: lj9801@sicau.edu.cn

2024年8月

农业生态效率的新引擎?城乡融合又通过何种机制影响农业生态效率?在中国农业转型升级的关键时期,充分认识城乡融合发展与农业生态效率的关系,对促进农业可持续发展和乡村全面振兴具有重要的理论意义。

城乡融合是多维社会空间的复杂过程,是重塑城乡关系、走农业农村现代化道路的必然选择,是影响农业生态效率的重要因素之一^[8]。农业农村不仅是中国社会的“压舱石”和“稳定器”,也是中国经济内循环的重要组成部分^[9]。但是,与中国快速推进的城镇化相比,农业农村发展进程明显缓慢,城镇对乡村发展的带动作用不足,城市制造业和现代服务业对农业的辐射渗透不够,未能根本扭转城乡之间不断扩大的差距。对此,党的十九大报告创新性明确提出乡村振兴战略,健全城乡融合发展体制机制和政策体系,不断深化要素市场化改革,破除影响城乡间人、地、资本等关键要素有效配置、双向流通和平等交换的体制障碍,推动形成共生共建共享共荣的城乡共同体^[10]。为此,大量学者基于城乡融合发展开展了丰富的研究,从哲学、社会学、经济学、地理学和生态学等多维视角对城乡融合的内涵进行了解析^[5,11,12],进而提出城乡融合发展的基础性问题,揭示城乡融合发展的理论逻辑,并阐述统筹推进城乡融合发展的实践进路^[13,14]。此外,还有部分学者对城乡融合发展水平进行测度评价^[15],并对城乡融合的时空分异特征及驱动机制进行刻画^[16,17],充分探讨了差异化城乡融合发展提升路径^[3,18],为把握中国城乡融合发展现状提供了有力依据。

既有文献对农业生态效率的研究主要集中在以下3个方面:①农业生态效率的指标体系构建。投入指标大多采用劳动力、耕地面积、用水量、化肥、农药、机械总动力和资本等指标来衡量;期望产出指标通常采用农业产值和粮食产量来表征,而非期望产出多采用农业碳排放量表征^[2,19-21]。②农业生态效率的度量方法。以往常用方法主要有比值法^[22]、随机前沿分析法^[23]、生命周期法^[24]、能值分析法^[25]和数据包络分析法^[26,27]。目前学术界考虑到农业生产的污染排放问题,对农业生态效率的评价多采用非期望产出的SBM模型进行测度^[28,29]。③农业生态效率的影响因素。学者们认为生产特征^[30]、技

术条件^[31]、财政环保支出^[32]和城镇化^[33]等因素对农业生态效率有着重要影响。

梳理文献发现,现有研究存在以下不足:首先,现有研究对农业生态效率的测算大多仅停留在农业生产积累阶段^[2,20,21],没有整体考虑农业生态系统内部结构,忽视了农业生态系统中强大的碳汇功能。其次,大多数学者仅从理论层面阐述城乡融合与农业生态效率的关系^[3,34],未能形成两者之间系统的论证,也未能揭示其内在本质;而仅少数文献从城镇化视角实证分析对农业生态效率的影响^[33,35],未能综合考虑城乡融合的作用,并不能全面揭示城乡融合对农业生态效率的实际作用。故本文在农业生产积累阶段的基础上,同时考虑农业生态系统的碳汇功能,构造第二阶段:农业生态治理阶段,以对农业生态效率进行综合评价,并从理论和实证两方面考察了城乡融合对农业生态效率的影响及其作用机制,全面揭示了城乡融合对农业生态效率的实际作用,丰富了城乡融合方面的相关研究。因此,本文基于2006—2020年中国31个省级行政单位的面板数据,采用Super-NSBM模型对农业生态效率及其子阶段进行测度,实证考察了城乡融合对整体效率和子阶段效率的影响,并基于技术进步和技术效率两个渠道,诠释了城乡融合对农业生态效率的作用机制。以期在一定程度上能够完善城乡融合和农业生态效率领域研究,为进一步促进城乡融合发展和提高农业生态效率提供科学依据。

2 理论内涵与机制分析

2.1 理论内涵

2.1.1 城乡融合理论内涵

城乡融合是经济社会发展到一定阶段的新产物,是对以往“以乡支城”和“以城带乡”阶段的升华^[4,36]。城乡融合发展强调城乡间的双向有效互动,其本质是基于要素流动和资源重新配置组合,避免乡村发展成为城市发展的附属品,实现城乡共生发展、等值发展、均衡发展。基于此,本文将城乡融合发展的内涵定义为通过促进城乡间要素双向流动,实现要素资源配置效率的优化,进而达到城乡“经济共生、福祉均等、发展联动”的融合状态^[5]。其中,“城乡经济共生”意味着城市与乡村之间仅在经济分工层面存在差异,并无优劣之分,以实现城乡间

更高水平的经济共同发展为目标;“城乡福祉均等”则是通过促进社会公平正义,以提高人民福祉为出发点和落脚点,从而实现城乡居民在教育、医疗和就业等方面的等值发展;“城乡发展联动”并非同质性发展,而是通过优化城乡空间格局,在基础设施、土地利用和产业发展等方面作好规划,最终实现城乡间互联互通的深度融合发展。

2.1.2 农业生态效率理论内涵

1990年德国学者Schaltegger根据生产过程中带来的“价值增加与环境影响”的比值来表征生态效率,这是生态效率概念的首次提出。而现有学者对于农业生态效率内涵的界定,则是基于生态效率的概念在农业部门的拓展和延申,包含有农业投入产出和生态投入产出两方面^[21],强调农业生产过程中资源的可持续利用,以实现农业资源高效利用和非期望产出减少为生产目标,是在满足城乡居民对不同类型农产品的消费需求基础上,对农业生产和生态环境的综合性评价。据此,通过借鉴王宝义等^[2]和崔许峰等^[29]学者的研究,本文将农业生态效率的内涵界定为在农业生产过程中通过考虑农业生态系统承载力,在既定的农业投入要素组合下,用最少的资源消耗和最小的生态环境影响,同时获取最大的农产品或者服务。

2.2 机制分析与研究假设

城乡融合对农业农村发展会产生重要的影响,同样也会对农业生态效率产生重要影响^[33]。本文通过对农业生态效率进行分解,从城乡融合促进技术进步和提高技术效率两种渠道出发^[37,38],诠释城乡融合对农业生态效率的影响及其机制。

城乡融合通过促进技术进步,提高农业经济效益和环境效益,进而产生农业生态效率的提高效应。技术进步效应主要体现在以下2个方面:一方面,城乡融合可以为农业技术进步提供充足的物质保障^[39]。城乡融合过程中消耗了大量的人力和物力,促使大量的财政资金投入到农业生态环境治理和技术研发过程中,将为农业生态效率的增长提供坚实的发展基础^[20]。另一方面,城乡融合加速了农业绿色技术扩散,为技术进步创造了良好环境。城乡融合使得城乡之间要素双向流动,促进技术扩散速度加快,降低了技术扩散成本,通过影响生产方

式改变和其他农业生产要素的投入,改变了既有的农业生产函数,实现了生产要素的重新配置组合,提高农业生态效率。根据索洛经济增长模型的分解,技术进步和生产要素投入增加是经济增长的两个基本源泉^[37],因此,城乡融合能够促进农业生产技术变革,对农业生态效率产生正向影响。

城乡融合通过改善技术效率,提高农业经济效益和环境效益,促进农业生态效率的提高。技术效率效应可以从人、土地和资本的融合3个方面展开分析。①在人的融合方面,城乡融合吸引了大量有文化、懂技术、善经营、会管理的人才进入到农业农村领域,为三农发展提供了充足的人才和智力支撑,高素质人才通过与农户建立联系进而影响农户的生产行为,实现绿色生产技术的应用^[21];此外,城镇居民会因收入水平的不断提高实现消费转型升级,将会加大对绿色农产品的需求,诱导农户增加绿色生产要素和技术的投入^[32]。②在土地的融合方面,土地的交换合并可缓解耕地细碎化和集中管理的矛盾,有助于通过规模效应实现农业生态效率的提高^[40,41]。在确保基本农田不被侵占的原则下,土地的融合又着力保障了农村工业发展用地需求,增加了乡镇财政收入,间接为农业可持续发展提供资金支持。③在资本的融合方面,城乡融合可通过财政资金、普惠金融和社会资本参与等多渠道,为农村基础设施建设和农业绿色技术引进提供资金,促进农户持续增收,有助于提高农户绿色生产积极性,促使农业生态效率的提升^[32]。同时,资本的融合也有助于农村信息化的建设,为提高农业生产能力提供了良好的基础。可见,城乡融合可以通过影响要素投入,改变农业生产要素组合,从而提高农业生态效率。因此,本文提出如下假说:

H1:城乡融合对农业生态效率具有正向影响。

H2:城乡融合可以通过促进技术进步,进而对农业生态效率产生正向影响。

H3:城乡融合可以通过提高技术效率,进而对农业生态效率产生正向影响。

3 数据来源、模型设定与变量选择

3.1 数据来源

研究样本为中国31个省级行政单元(因数据缺失未包含港澳台地区),时间跨度为2006—2020年。

2024年8月

研究数据来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国财政年鉴》和各省统计年鉴等统计资料。部分地区数据缺失由线性插值法补齐。

3.2 模型设定

3.2.1 Super-NSBM 模型

本文采用可变规模报酬条件下的基于非径向、非导向的考虑非期望产出的超效率网络 SBM 模型 (Super-NSBM 模型), 对农业生态效率及子阶段进行测度, 旨在解决有效评价系统的真实效率和多个决策单元的同时评价。参考 Tone 等^[42]和龙亮军^[43]的研究, 具体公式为:

$$\rho^* = \min \frac{\sum_{k=1}^K \omega^k \left[1 + \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^k}{x_{i0}^k} \right) \right]}{\sum_{k=1}^K \omega^k \left[1 - \frac{1}{v_{1k} + v_{2k}} \left(\sum_{r=1}^{v_{1k}} \frac{s_r^k}{y_{r0}^k} + \sum_{g=1}^{v_{2k}} \frac{s_g^k}{b_{g0}^k} \right) \right]}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij}^k \lambda_j^k + s_i^k = \theta^k x_{i0}^k, i = 1, \dots, m_k, k = 1, \dots, K \\ \sum_{j=1, \neq 0}^n y_{rj}^k \lambda_j^k + s_r^k = \phi^k y_{r0}^k, r = 1, \dots, v_{1k} \\ \sum_{j=1, \neq 0}^n b_{gj}^k \lambda_j^k - s_g^k = \delta^k b_{g0}^k, g = 1, \dots, v_{2k} \\ \varepsilon \leq 1 - \frac{1}{v_{1k} + v_{2k}} \left(\sum_{r=1}^{v_{1k}} \frac{s_r^k}{y_{r0}^k} + \sum_{g=1}^{v_{2k}} \frac{s_g^k}{b_{g0}^k} \right) \\ z^{(k,h)} \lambda^h = z^{(k,h)} \lambda^k, \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j^k = \sum_{k=1}^K \omega^k = 1 \\ \lambda^k \geq 0, s_i^k \geq 0, s_r^k \geq 0, s_g^k \geq 0, \omega^k \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: ρ^* 为决策单元的效率值; ω^k 为第 k 阶段的权重; m_k 为第 k 阶段的投入要素数量; s_i^k 为投入要素 i 的松弛变量; x_{i0}^k 为经松弛变量修正的第 k 阶段 i 要素投入值; v_{1k} 、 v_{2k} 分别为第 k 阶段的期望产出和非期望产出要素数量; s_r^k 、 s_g^k 分别为期望产出要素 r 和非期望产出要素 g 的松弛变量; y_{r0}^k 、 b_{g0}^k 分别为经松弛变量修正的第 k 阶段 r 要素的期望产出值和 g 要素的非期望产出值; j 为决策单元 ($j=1, 2, \dots, n$); θ^k 、 ϕ^k 和 δ^k 为相应的权重系数; ε 为模型优化过程中的一个约束条件, 表示决策单元产出效率的下限; z 为中间产出; (k, h) 为阶段 k 到 h 的连接; λ^k 、 λ^h 分别为第 k 和 h 阶段的模型权重。本文设置了两个子阶段, 且认为它们对农业发展同等重要, 因此设定两个子阶段的权重相同。此外, 基于 Super-NSBM 模型计算出的农业生态效率 (AEE), 再通过构建 GML (Global Malmquist-Luenberger) 指数将其进行分解, 即可求

出长期生产过程中技术进步和技术效率的变动情况^[37,44,45], 并根据分解出来的技术进步和技术效率两个指标, 来进一步探究其影响机制^[46-48]。其中, 技术进步 (TC) 也称技术的创新, 是指在一定的要素组合投入下, 有效生产前沿边界前移带来的效率变化, 该指标根据当年和上年技术前沿面的比值得出; 而技术效率 (EC) 是指通过提高生产管理能力和优化要素配置效率, 推动生产决策单元向既定的最优潜在产出前沿边界趋近的过程, 该指标基于当年与上年的技术效率比值得出。具体计算公式如下:

$$GML^{t,t+1}(x^t, y^t, b^t, x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) = \frac{1 + F^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + F^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} = \frac{1 + F^t(x^t, y^t, b^t)}{1 + F^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \times \left[\frac{(1 + F^G(x^t, y^t, b^t)) / (1 + F^t(x^t, y^t, b^t))}{(1 + F^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})) / (1 + F^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}))} \right]$$

$$= \frac{TE^{t+1}}{TE^t} \times \frac{BPG_{t+1}^{t,t+1}}{BPG_t^{t,t+1}} = EC^{t,t+1} \times TC^{t,t+1} \quad (2)$$

式中: $GML^{t,t+1}$ 为 GML 指数, 即农业生态效率 (AEE) 从 t 到 $t+1$ 年的动态变化情况。 x^t 、 y^t 、 b^t 分别为决策单元在 t 年的投入、期望产出和非期望产出值; x^{t+1} 、 y^{t+1} 、 b^{t+1} 分别为决策单元在 $t+1$ 年的投入、期望产出和非期望产出值; $F^G(x^t, y^t, b^t)$ 为全局方向性距离函数; G 为全局整个年限; $F^t(x^t, y^t, b^t)$ 为第 t 年方向性距离函数; BPG 为有效生产前沿边界前移带来的技术进步变化值; TE 为向既定的最优潜在产出前沿边界趋近带来的技术效率变化值。

3.2.2 基准回归模型

为了考察城乡融合 (UR) 对农业生态效率 (AEE) 的影响效应, 构建如下基准回归模型:

$$AEE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 UR_{it} + \alpha_2 X_{it} + \lambda_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$APAE_{it} = \beta_0 + \beta_1 UR_{it} + \beta_2 X_{it} + \lambda_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$AEME_{it} = \theta_0 + \theta_1 UR_{it} + \theta_2 X_{it} + \lambda_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

式中: AEE_{it} 为第 t 年 i 省农业生态效率; $APAE_{it}$ 为农业生产积累效率; $AEME_{it}$ 为农业生态治理效率; UR_{it} 为城乡融合发展水平, 又可以进一步分解为 URP_{it} 、 URA_{it} 和 URC_{it} , 分别为第 t 年 i 省的人、土地和资本的融合; X_{it} 为控制变量; λ_i 、 γ_t 分别为个体和时间固定效应; ε_{it} 为随机扰动项; α_0 、 β_0 、 θ_0 为常数项; α_1 、 α_2 、 β_1 、

$\beta_2, \theta_1, \theta_2$ 为待估系数。

3.2.3 门槛模型

考虑到城乡融合对农业生态效率的影响可能存在非线性影响, 本文将城乡融合发展水平作为门槛变量, 基于门槛回归模型, 对城乡融合对农业生态效率的非线性效应展开进一步验证, 模型如下:

$$AEE_{it} = \tau_0 + \tau_1 UR_{it} \times I(UR_{it} \leq \rho) + \tau_2 UR_{it} \times I(UR_{it} > \rho) + \tau_3 X_{it} + \lambda_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中: UR_{it} 为城乡融合发展水平, 同时也是门槛变量; ρ 为门槛值; 若满足括号内条件, 示性函数 $I(\cdot)$ 为 1, 否则为 0; τ_1 和 τ_2 为不同区间内城乡融合对农业生态效率的影响; τ_0 为常数项; τ_3 为控制变量系数。多门槛模型和式(6)类似, 本文不再赘述。

3.3 变量选取与说明

3.3.1 被解释变量

农业生态效率(AEE)。已有文献多将粮食生产视为主要活动, 以粮食产量作为主要产出对农业生态效率进行测度^[2,20,21], 即本文的第一阶段: 农业生产积累阶段。但是仅考虑该阶段具有较大局限性, 忽视了农业生态系统的整体结构。故本文在农业生产积累阶段的基础上, 同时考虑农业生态系统的碳汇功能, 构造第二阶段: 农业生态治理阶段^[19]。农业生态治理阶段在农业生产过程中具有重要作用, 是对第一阶段的“产品化”进行再次开发利用, 向“市

场化”转化以获取价值增值的过程。因此, 通过参考已有经验研究^[49], 从农业生产积累、农业生态治理两方面构建由“生产积累”到“生态治理”的框架, 以对农业生态效率进行综合评价。

两个阶段选取的具体指标如表 1 所示: ①农业生产积累效率(APAE), 投入指标有 6 项, 期望产出有 1 项, 非期望产出有 1 项。借鉴已有文献^[20,21], 投入指标由农业从业人员数、农作物播种面积、农业用水总量、化肥施用量、农药施用量和农业机械总动力来表示; 采用粮食总产量和农业碳排放量来表示期望产出、非期望产出。其中, 农业碳排放的测量借鉴王宝义等^[2]的做法, 考虑化肥、农药、农膜、柴油、耕作和灌溉 6 种碳源, 通过与对应的碳排放系数相乘, 加总求出农业碳排放总量。需要说明的是, 考虑到农业生产积累阶段中非期望产出农业碳排放对积累和治理的影响, 需要将农业碳排放作为中间指标, 同时充当农业生产积累阶段的非期望产出指标和农业生态治理阶段的投入指标。②农业生态治理效率(AEME), 投入指标有 5 项, 产出指标有 2 项。参考现有文献^[19,49], 投入指标包括农业碳排放量、农林水事务支出、农业污染治理投资额、水土流失治理面积和农业产业化经营项目投入; 产出指标由农业总产值和农业净碳汇量两个指标构成。其中, 农业净碳汇量参考邓悦等^[50]和谭美秋等^[51]研究

表 1 农业生态效率评价指标体系

Table1 Evaluation indicator system of agricultural ecological efficiency

变量	一级指标	二级指标	三级指标	单位
农业生态效率 (AEE)	第一阶段 农业生产积累效率 (APAE)	投入	农业从业人员数	万人
			农作物播种面积	hm ²
			农业用水总量	亿 m ³
			化肥施用量	万 t
			农药施用量	万 t
			农业机械总动力	万 kW
			期望产出	t
	第二阶段 农业生态治理效率 (AEME)	非期望产出	农业碳排放量	t
			农业碳排放量	t
		投入	农林水事务支出	万元
			农业污染治理投资额	万元
			水土流失治理面积	千 hm ²
			农业产业化经营项目投入	千万元
		产出	农业总产值	亿元
			农业净碳汇量	万 t

成果测算后获得。

3.3.2 解释变量

城乡融合发展水平(*UR*)。城乡融合发展的核心是要素市场融合^[6],曼昆于2018年基于要素定义的内涵,指出要素是指生产要素,3种重要生产要素为:劳动力、土地和资本。在城乡融合背景下,要素市场融合是指对土地不可流动因素要明确权力、允许交易,而对劳动力和资本等可流动要素则是减少市场摩擦,消除其制度壁垒,以实现要素市场中“人”“土地”和“资本”关键生产要素自由流动和高效融合^[6,8,13]。所以,本文城乡融合的指标划分主要是基于城乡要素市场融合的内涵,将其划分为“人的融合”(*URP*)、“土地的融合”(*URA*)和“资本的融合”(*URC*)3个维度^[38,52]。

因此,从3个维度共选取12个指标(表2),采用熵权法赋权取值来测度城乡融合发展水平。首先,“人的融合”是以人为本的生活收支和知识水平的趋同,表现为城乡人口间的互动交融,通过借鉴谢会强等^[38]的做法,选取城乡居民人均收入比、城乡居民人均消费比、城乡恩格尔系数比、城乡居民城乡

家庭文教娱乐支出比和城镇化水平进行衡量人的融合情况。其次,“土地的融合”用于反映城乡空间基础设施、信息流动和用地布局日趋合理的融合情况,借鉴王松茂等^[15]的研究,采用人均私人汽车拥有量、交通网密度、人均邮电业务量和农地面积占比来体现。最后,“资本的融合”是指城乡居民在社会资本分配过程中,享受的社会公共福利等方面的趋向等值,通过参考经验文献^[52],选取城乡人均医疗保健支出比、城乡居民基本养老保险支出占比和城乡居民失业保险参保人数占比来体现。

3.3.3 控制变量

参考以往学者的研究^[19,30,31],本文还控制了一系列其他可能影响农业生态效率的变量,分别为农业机械化水平、农业受灾率、农业产业结构、种植结构、化肥施用强度、有效灌溉水平、农业经济水平和财政支农水平。①农业机械化水平。农业机械密度可以表征地区的农业科技水平,而农业科技水平往往可以显著促进农业生态效率的提高;但农业机械密度增加也会导致污染物的同步增加,从而破坏农业生态环境。②农业受灾率。选取农业受灾率

表2 城乡融合发展评价指标体系

Table 2 Evaluation indicator system of urban-rural integrated development					
变量	一级指标	二级指标	三级指标	单位	类型
城乡融合 (<i>UR</i>)	人的融合 (<i>URP</i>)	城乡居民人均收入比	$\frac{\text{城镇居民家庭人均全年可支配收入}}{\text{农村居民家庭人均全年可支配收入}} \times 100\%$	%	-
		城乡居民人均消费比	$\frac{\text{城镇居民家庭人均消费}}{\text{农村居民家庭人均消费}} \times 100\%$	%	-
		城乡恩格尔系数比	$\frac{\text{城镇恩格尔系数}}{\text{农村恩格尔系数}} \times 100\%$	%	+
		城乡居民城乡家庭文教娱乐支出比	$\frac{\text{城镇居民家庭文教娱乐支出}}{\text{农村居民家庭文教娱乐支出}} \times 100\%$	%	-
		城镇化水平	$\frac{\text{城镇人口数}}{\text{城镇人口数} + \text{农村人口数}} \times 100\%$	%	+
	土地的融合 (<i>URA</i>)	人均私人汽车拥有量	私人汽车拥有量与总人口的比值	辆/千人	+
		交通网密度	公路与铁路运营总里程与区域总面积的比值	km/km ²	+
		人均邮电业务量	邮电业务总量与总人口的比值	万元/人	+
		农地面积占比	$\frac{\text{农作物播种面积}}{\text{区域总面积}} \times 100\%$	%	+
	资本的融合 (<i>URC</i>)	城乡人均医疗保健支出比	$\frac{\text{城镇人均医疗保健支出}}{\text{农村人均医疗保健支出}} \times 100\%$	%	-
		城乡居民基本养老保险支出占比	$\frac{\text{城乡居民基本养老保险支出}}{\text{地方财政一般预算支出}} \times 100\%$	%	+
		城乡居民失业保险参保人数占比	$\frac{\text{城乡居民失业参保人数}}{\text{总人数}} \times 100\%$	%	+

指标来表征自然灾害对农业生产的影响。③农业产业结构。农业产业结构占比越高,说明区域经济发展对农业种植业发展的依赖程度越高,但是在中国现代农业发展不充分的背景下,家庭农业生产粗放经营,无法实现农业生产的精细化管理,可能会对农业生态效率产生不利影响。④种植结构。种植结构的变化能够导致农业要素投入结构的变化,从而对农业生态效率产生影响。⑤化肥施用强度。虽然化肥施用提高了粮食产量,但偏低的化肥施用

效率又将严重影响农业生态效率的提高。⑥有效灌溉水平。选取有效灌溉面积比例来表征该地区的农业基础设施建设情况。⑦农业经济水平。农业经济水平表示一个地区农户的收入水平,根据世界发展的经验,经济越发达,对生态环境的治理要求越高,越注重生态保护。⑧财政支农水平。财政支农是国家财政对农业支持的重要手段,有助于农业生产条件的改善,推动农业生态效率的提高。本文主要变量解释及描述性统计见表3。

表3 主要变量的度量方法及描述性统计

Table 3 Measurement methods and descriptive statistics of main variables

变量名称与单位	度量方法	均值	标准差	最小值	最大值
农业生态效率	农业生态效率指数	0.503	0.212	0.120	1.916
城乡融合发展水平	城乡融合发展水平指数	0.282	0.132	0.058	0.694
农业机械化水平/(万 kW/千 hm ²)	农业机械总动力与农作物播种面积的比值	0.647	0.340	0.234	2.463
农业受灾率/%	农作物受灾面积占农作物播种面积的比例	0.192	0.145	0.002	0.689
农业产业结构/%	农业总产值占农林牧渔业总产值的比例	0.522	0.086	0.302	0.746
种植结构/%	粮食播种面积占农作物播种面积的比例	0.653	0.132	0.328	0.971
化肥施用强度/(万 t/千 hm ²)	化肥施用量与农作物播种面积的比值	0.035	0.013	0.010	0.075
有效灌溉水平/%	有效灌溉面积占农作物播种面积的比例	0.437	0.189	0.147	1.233
农业经济水平/(万元/人)	农业总产值与年底总人口的比值	3404.329	1951.291	475.146	12753.390
财政支农水平/(万元/hm ²)	地方财政农林水事务支出与农作物总播种面积的比值	2.112	5.744	0.061	66.021

4 结果与分析

4.1 特征事实

本文采用 ArcGIS10.8 软件绘制了中国城乡融合发展水平和农业生态效率的空间分布图。

图1为2006、2010、2015和2020年中国城乡融合发展水平空间分布,根据其全国平均值分为两类。从图1可知,城乡融合发展水平高于全国平均值的多为东部地区。这可能是因为东部地区本身经济发展水平较为发达,促使城乡间要素流动也更加密切。虽然每个年份高于全国平均值的地区有所变化,但是城乡融合发展水平一直处于不断上升的态势2006、2010、2015和2020年中国31个省份城乡融合发展水平均值分别为0.164、0.213、0.307和0.490。图2为2006、2010、2015和2020年中国农业生态效率空间分布,同样根据全国平均值平均值分为两类。从图2可知,高于全国平均值的地区分布较为分散,多为东部和中部地区。2006、2010、2015和2020年中国31个省份农业生态效率均值分别为

0.481、0.461、0.465和0.710,即2006—2015年农业生态效率全国平均值变化不大,从2016年开始,呈现出不断增加的态势。这可能与国家越来越重视农业绿色发展有关,自2016年开始,农业农村部等政府部门出台了大量的相关文件来指导农业绿色生产。

4.2 基准回归结果分析

表4的列(1)为城乡融合指数对农业生态效率的估计结果,结果显示,城乡融合指数(*UR*)的估计系数为正,通过了1%的显著性水平,即随着城乡融合发展水平的提升,中国农业生态效率将有所提高,假说H1得到验证。这表明,城乡融合发展水平的提升有助于城乡之间要素双向流动,通过影响生产方式改变和其他农业生产要素的投入,实现生产要素配置效率的优化,推动农业生产现代化转型,进而提高农业生态效率,即城乡融合发展对农业生态效率的提升具有显著的促进作用。这与已有实证文献中关于城镇化与农业生态效率、城乡融合与

2024年8月

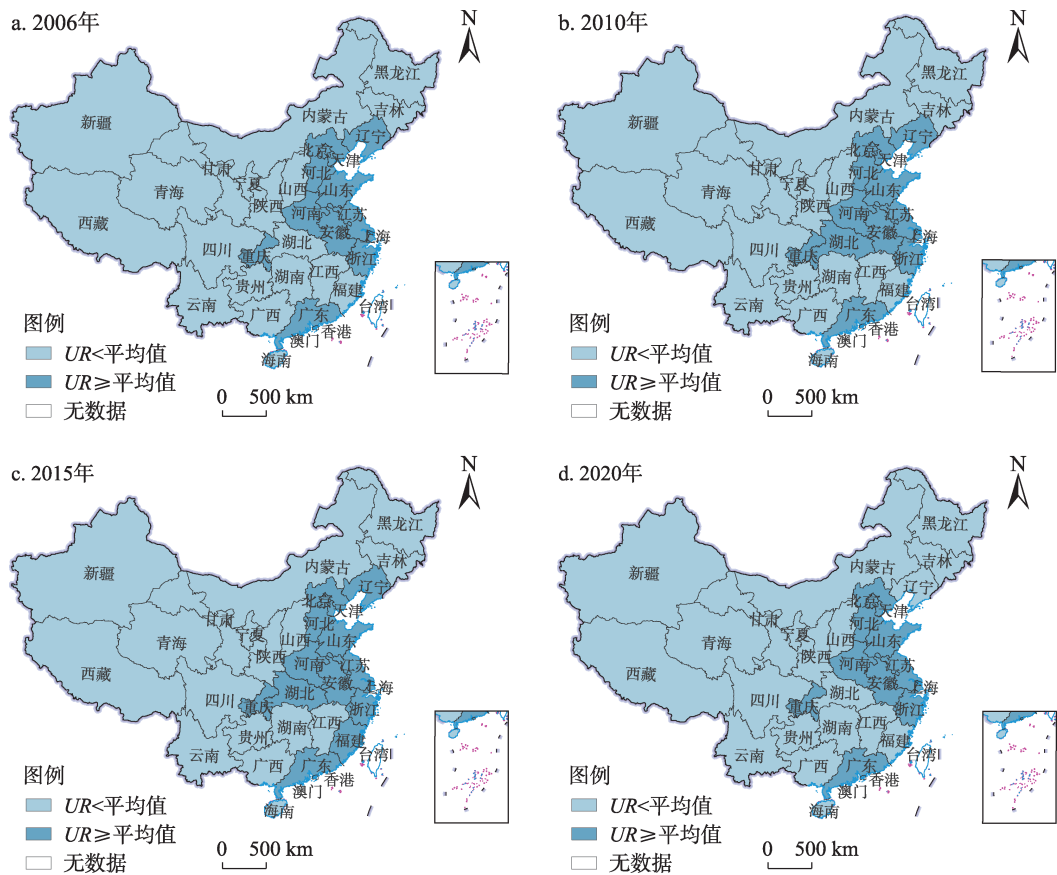


图1 2006—2020年中国城乡融合发展水平空间分布

Figure 1 Spatial distribution of urban-rural integration in China, 2006-2020

注:基于国家自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2023)2767号的标准地图制作,底图无修改。

农业碳排放效率的研究结论相似^[33,38,39]。

此外,将城乡融合指数(UR)分解为人的融合指数(URP)、土地的融合指数(URA)和资本的融合指数(URC),回归结果如表4的列(2)–(4)所示。土地的融合指数(URA)和资本的融合指数(URC)估计系数分别为0.738、0.198,在1%和5%的统计水平上显著为正,说明土地的融合和资金的融合是农业生态效率提升的关键。可能的原因是,土地的融合关键在于要素流动网络的构建,为要素的双向流动提供了充足保障,不仅在确保基本农田不被侵占的原则下,着力保障了农村工业发展用地需求,间接为农业可持续发展提供资金支持;而且可以通过耕地的交换合并实现规模效应,为农业生态效率的增长提供内生动力。在资本的融合方面,通过多渠道强化农村发展资金供给,激发了金融和社会资本参与城乡融合发展的动力,有助于农村基础设施建设和农业绿色技术的引进,为农业生态效率的增长提供了

现实条件。而人的融合指数(URP)估计系数为 -0.110 ,未通过显著性水平检验。可能的原因是,在人的融合过程中可能存在农业劳动力向城市流动的现象,使农业劳动力减少,农户为缓解农业劳动力不足对农业生产的负面影响,投入使用更多的农业机械和化肥等生产要素,进一步恶化了农业生态环境,影响农业生态效率的提高。

为了进一步考察城乡融合对农业生态效率的影响,本文将农业生产积累效率和农业生态治理效率分别引入基准回归模型中,估计结果如表5所示。在农业生产积累阶段($APAE$),城乡融合指数(UR)和土地的融合指数(URA)估计系数均为正,分别在5%和1%的统计水平上显著;而人的融合指数(URP)和资本的融合指数(URC)对农业生产积累效率未产生显著性影响,其符号均为负。可能的原因在于,这一阶段是以农产品的培育和成熟为主,以粮食产量作为表现,而土地的融合会发挥耕地的规

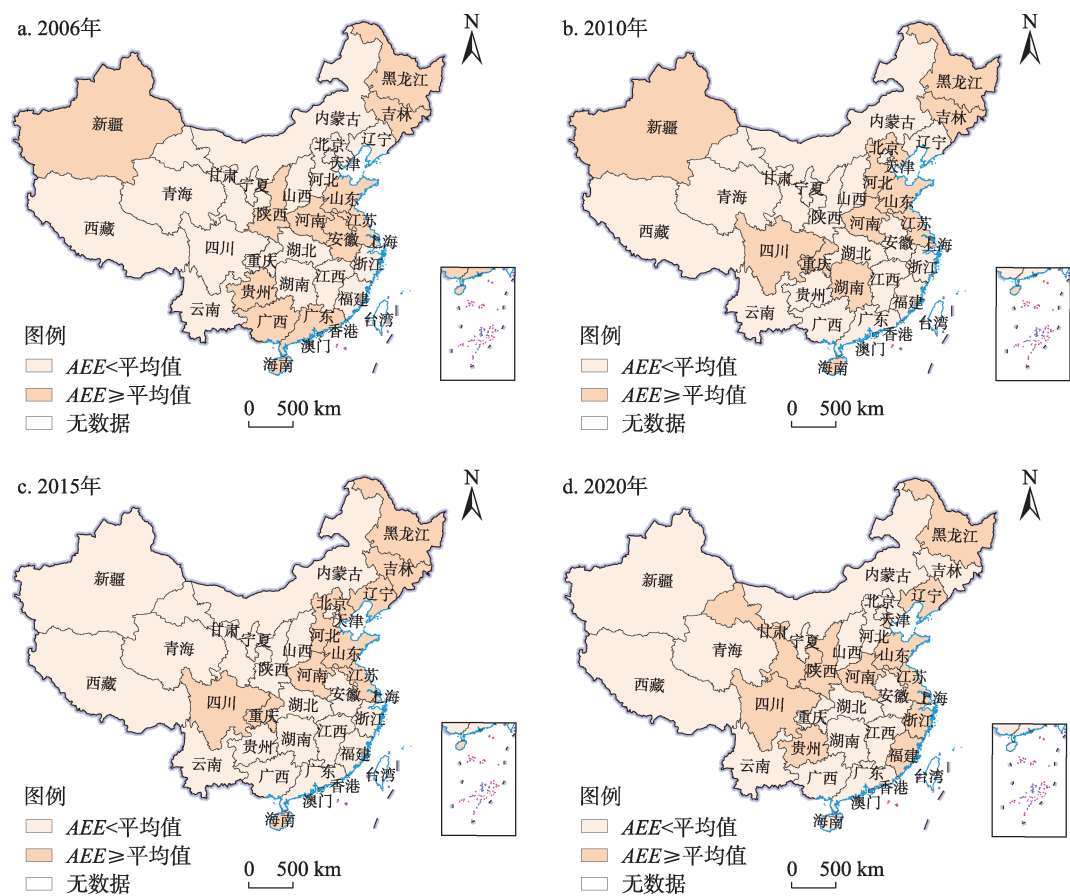


图2 2006—2020年中国农业生态效率空间分布

Figure 2 Spatial distribution of agricultural ecological efficiency in China, 2006-2020

注:基于国家自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2023)2767号的标准地图制作,底图无修改。

表4 基准回归估计结果I

Table 4 Benchmark regression estimation result I

变量	农业生态效率AEE			
	(1)	(2)	(3)	(4)
UR	0.663***(0.215)			
URP		-0.110(0.145)		
URA			0.738*** (0.231)	
URC				0.198** (0.096)
控制变量	YES	YES	YES	YES
_cons	-0.494** (0.239)	-0.121(0.274)	-0.643** (0.257)	-0.206(0.226)
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
R ²	0.793	0.788	0.793	0.790
N	465	465	465	465

注: *、**和***表示 10%、5% 和 1% 显著性水平; 括号内数值为标准误。下同。

模效应,降低生产交易成本,从而有利于农业生产积累效率的提高。在农业生态治理阶段(AEME),城乡融合指数(UR)和资本的融合指数(URC)估计

系数分别为0.803和0.387,均通过了1%的显著性水平;而人的融合指数(URP)和土地的融合指数(URA)估计系数均未通过显著性水平检验,系数分

表5 基准回归估计结果II

Table 5 Benchmark regression estimation result II

变量	农业生产积累效率 <i>APAE</i>				农业生态治理效率 <i>AEME</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>UR</i>	0.375** (0.165)				0.803*** (0.300)			
<i>URP</i>		-0.012 (0.111)				-0.267 (0.202)		
<i>URA</i>			0.908*** (0.173)				0.510 (0.323)	
<i>URC</i>				-0.058 (0.073)				0.387*** (0.132)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	0.036 (0.184)	0.193 (0.210)	-0.318 (0.193)	0.171 (0.174)	-0.588* (0.333)	0.006 (0.380)	-0.558 (0.360)	-0.214 (0.312)
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
<i>R</i> ²	0.836	0.834	0.844	0.834	0.775	0.772	0.772	0.775
<i>N</i>	465	465	465	465	465	465	465	465

别为负和正。可能的原因在于,农业生态治理阶段是对第一阶段的“产品化”进行再次开发利用,向“市场化”转化以获取价值增值的过程,需要财政资金的持续投入,因此,资本的融合将会为该阶段提供充足的资金,从而实现农业生态治理效率的提升。

4.3 作用机理检验

为了检验城乡融合对农业生态效率的作用机制,分别将城乡融合指数与技术进步、技术效率进

行回归。

由表6的列(1)–(4)可知,在技术进步作用渠道,城乡融合指数及其分解项的估计系数均为正,但未通过显著性水平检验,假说H2未得到验证。这表明城乡融合发展对提高绿色技术研发、技术推广速度和促使农户采纳绿色生产技术的影响较小。可能的原因是,城乡融合过程中需要大量的人力、物力,而大多数资金用于基础设施建设和农村社会

表6 作用机制检验估计结果

Table 6 Mechanism of action test result

变量	技术进步 <i>TC</i>				技术效率 <i>EC</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>UR</i>	0.467 (0.422)				1.096** (0.533)			
<i>URP</i>		0.046 (0.282)				0.144 (0.358)		
<i>URA</i>			0.549 (0.452)				1.849*** (0.567)	
<i>URC</i>				0.111 (0.186)				0.074 (0.236)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	0.837* (0.468)	0.968* (0.532)	0.716 (0.504)	1.036** (0.440)	1.000* (0.592)	-0.257 (0.316)	0.410 (0.632)	1.435** (0.559)
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
<i>R</i> ²	0.232	0.230	0.233	0.231	0.146	0.137	0.159	0.137
<i>N</i>	465	465	465	465	465	465	465	465

福利改善,挤占政府对生态环境及绿色技术研发的投入,导致城乡融合对农业技术进步的提升作用不明显。表6的列(5)–(8)显示,城乡融合指数(UR)对技术效率的估计系数为1.096,通过了5%的显著性水平检验;土地的融合指数(URA)对技术效率的估计系数为1.849,通过了1%的显著性水平检验,这表明城乡融合有助于优化农业要素配置,尤其是土地的配置效率得到明显提高,实现了农业生产技术效率的提升,进而有利于农业生态效率的增长。因此,城乡融合可以通过提高技术效率,对农业生态效率产生促进作用,假说H3得到验证。

4.4 稳健性分析

4.4.1 更换研究样本

考虑到北京、上海、天津和重庆作为四大直辖市,其城市体量与其他省份差异较大,借鉴白珂^[53]的做法,剔除直辖市数据,再次进行模型回归。从表7的列(1)可知,回归结果显著为正,且通过了1%的显著性检验,说明前文基准回归结果比较稳健。

4.4.2 更换时间区间

前文研究时间跨度为2006—2020年,借鉴张帆等^[54]的做法,通过更换时间区间来进一步检验基准回归结果。采用2010—2020年的样本数据重新进行回归,回归结果见表7的列(2)。从结果可知,城乡融合回归系数的显著性水平发生变化,但是仍在5%的水平上为正,未对前文核心结论造成明显冲击,本文研究结论稳健。

4.4.3 数据缩尾处理

由上文的描述性统计可以看出,城乡融合发展水平(UR)、农业生态效率(AEE)和其他变量的最小

值和最大值差异较大,本文对所有数据进行双侧1%的缩尾处理,以控制极值产生的影响。重新拟合回归结果见表7的列(3)。从结果可知,城乡融合的影响系数依旧显著为正,本文“城乡融合可以促进农业生态效率”的核心结论没有改变。

4.5 异质性分析

虽然上述研究结果表明城乡融合有助于提高农业生态效率,但中国不同地区在地理位置、经济基础、资源禀赋和种植结构等方面存在较大差异,城乡融合发展水平在不同地区是否会产生相似的农业生态效率增长效应犹未可知。因此,本文基于地理区位和粮食生产功能区2个方面,对城乡融合的农业生态效率增长效应进行异质性分析。

4.5.1 地理区位异质性

参考秦天等^[55]的研究,将总样本分为两个子样本:东部和中西部地区,回归结果见表8。在东部地区,城乡融合(UR)、人的融合(URP)和土地的融合(URA)的估计系数均为正,资本的融合指数(URC)的估计系数为负,但4个变量均在统计上不显著。在中西部地区,城乡融合(UR)和土地的融合(URA)对农业生态效率的提高作用分别在5%和1%的显著性水平上显著;而人(URP)和资本的融合(URC)未通过显著性水平检验。究其缘由,东部地区与中西部地区相比,本身经济发展水平较为发达,城乡间要素流动也更加密切。随着城乡融合的进一步发展所带来的农业生态效率效应,对于东部地区来说可能是“杯水车薪”,但对中西部地区来说却是“雪中送炭”,所以中西部地区城乡融合带来的农业生态效率增长效应可以得到充分释放。

表7 稳健性检验估计结果

Table 7 Robustness test result

变量	农业生态效率 AEE		
	更换研究样本 (1)	更换时间区间 (2)	数据缩尾处理 (3)
UR	0.900*** (0.252)	0.735** (0.315)	0.779*** (0.197)
控制变量	YES	YES	YES
$_{-}cons$	-0.574** (0.270)	-0.249 (0.364)	-0.508** (0.224)
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES
R^2	0.777	0.809	0.817
N	405	341	465

表8 异质性估计结果I

变量	农业生态效率AEE							
	东部地区				中西部地区			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
UR	0.330 (0.357)				0.745** (0.364)			
URP		0.056 (0.289)				0.046 (0.199)		
URA			0.575 (0.355)				0.990*** (0.373)	
URC				-0.018 (0.192)				0.093 (0.147)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
_cons	0.184 (0.446)	0.300 (0.465)	-0.003 (0.462)	0.344 (0.415)	-0.863** (0.333)	-0.753** (0.360)	-1.190*** (0.369)	-0.668** (0.338)
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
R ²	0.808	0.807	0.810	0.807	0.792	0.788	0.794	0.789
N	165	165	165	165	300	300	300	300

4.5.2 粮食生产功能区异质性

借鉴王帅等^[56]的研究,将31个省级行政单元依据中国粮食生产功能划为两个子样本:粮食主产区和非粮食主产区,重新估计城乡融合的农业生态效率提升效应,估计结果见表9。可以看出,在粮食主产区,城乡融合指数(UR)在5%的水平上显著为正,

其估计系数为0.749;在非粮食主产区,城乡融合指数(UR)的估计系数为0.905,且通过了1%的显著性水平。由此可见,城乡融合发展水平在非粮食主产区可以产生更大的农业生产效率提升效应。究其原因主要是因为,虽然粮食主产区作为中国粮食生产的核心区域,承担着70%以上的粮食产量,其期望

表9 异质性估计结果II

变量	农业生态效率AEE							
	粮食主产区				非粮食主产区			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
UR	0.749** (0.372)				0.905*** (0.285)			
URP		-0.355 (0.250)				0.372** (0.173)		
URA			0.874* (0.448)				0.625** (0.280)	
URC				0.336* (0.173)				0.250** (0.126)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
_cons	-0.866** (0.387)	-0.546 (0.417)	-0.960** (0.397)	-0.696* (0.386)	-0.007 (0.300)	-0.075 (0.338)	-0.015 (0.321)	0.363 (0.288)
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
R ²	0.875	0.873	0.875	0.874	0.799	0.795	0.795	0.794
N	195	195	195	195	270	270	270	270

产出可以得到保证,但粮食主产区农作物播种面积较大,又可能会面临着较高的非期望产出、技术和资金短缺等现象。而非粮食主产区耕地少,对中国粮食产量贡献有限,耕地压力较小,技术和资金也能够满足该地区的农业生产需要,所以非粮食主产区城乡融合对农业生态效率的正向作用更强。

4.6 内生性处理

为验证城乡融合对农业生态效率影响可能存

在的双向因果关系,采用IV-2SLS方法进行重新估计。首先,选取城乡融合的滞后一期和地形起伏度作为工具变量^[15,38],进行IV-2SLS方法的第一阶段回归。其弱工具性检验 F 值分别为29.51和29.43,均远大于10,通过了弱工具性检验,即不存在弱工具变量现象^[57]。其次,在第二阶段回归中,表10列(2)和(4)的回归系数均显著为正。因此,城乡融合和农业生态效率不存在双向因果关系。

表10 IV-2SLS估计结果

Table 10 IV-2SLS estimation result

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
UR_{IV}	0.859*** (0.026)		-0.218*** (0.015)	
UR		0.710*** (0.252)		0.567* (0.296)
控制变量	YES	YES	YES	YES
$_{cons}$	0.013 (0.029)	-0.512** (0.245)	0.529*** (0.055)	-0.457** (0.223)
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
R^2	0.993	0.792	0.972	0.788
N	465	465	465	465

4.7 门槛效应检验

前文的分析证实了城乡融合发展对农业生态效率产生了直接的正向影响,且主要通过提高效率来促进农业生态效率的提高。考虑到城乡融合对农业生态效率的影响可能存在非线性影响,将城乡融合发展水平作为门槛变量,通过建立门槛回归模型验证城乡融合对农业生态效率的非线性效应。在进行门槛效应回归之前,要确定门槛个数。为模拟 F 值的渐近分布和临界值,采用Bootstrap方法反复抽样1000次,发现存在单一门槛(表11)。

表12列示了门槛回归的结果。城乡融合(UR)的门槛值为0.136,将样本划分为了城乡融合发展低水平区($UR \leq 0.136$)和城乡融合发展高水平区($UR > 0.136$)。当地区城乡融合发展水平低于0.136时,城乡融合的影响系数显著为正(1.469);当地区城乡融合发展水平高于0.136时,城乡融的影响系数显著为正(0.565)。这说明,随着城乡融合发展水平的提高,对农业生态效率的边际效应逐渐减弱。可能的原因是,当城乡融合发展水平较低时,城乡融合对技术效率有较大的促进作用,但随着城乡融合的发

表11 门槛效应检验结果

Table 11 Threshold effect test result

模型	单一门槛
门槛值	0.136
F 值	22.650
P 值	0.030
临界值	
10%	16.934
5%	20.468
1%	27.763

表12 门槛模型估计结果

Table 12 Threshold model estimation result

变量	农业生态效率 AEE
$UR \leq 0.136$	1.469*** (0.410)
$UR > 0.136$	0.565** (0.244)
控制变量	YES
$_{cons}$	0.319 (0.191)
R^2	0.353
N	465

展,人、土地和资本各维度城乡融合程度已经较高,技术效率的提升速度减缓,城乡融合对农业生态效率的促进作用有所减弱。

5 结论与政策建议

5.1 结论

本文利用2006—2020年中国31个省级行政区的面板数据,从理论和实证两方面考察了城乡融合对农业生态效率的影响及其机制。基于结果分析,本文研究发现:

(1)城乡融合不仅可以有效促进农业生态效率的提高,而且对农业生产积累效率和农业生态治理效率均有显著的促进作用,其促进作用主要是通过改善技术效率从而对农业生态效率产生影响。从城乡融合分解项来看,土地的融合和资本的融合是农业生态效率提升的关键所在。

(2)从地理区位和粮食生产功能区异质性来看,中西部地区的城乡融合对农业生态效率有显著的提升作用;相较于粮食主产区,城乡融合在非粮食主产区可以发挥出更大的农业生态效率提升作用。

(3)随着城乡融合发展水平的提高,城乡融合对农业生态效率的促进作用存在着显著的门槛效应。城乡融合发展水平存在单一门槛,门槛值为0.136,与门槛值后相比,门槛值前城乡融合对农业生态效率的促进作用更大。

5.2 政策建议

基于上述研究结论,本文提出如下政策启示:

(1)刺激和鼓励绿色创新技术的自主开发和引进。政府应合理分配财政支出,兼顾技术创新和城乡融合的内在平衡,提高农业绿色技术创新投入和补贴力度,培养一批新型创新人才,激发自主创新能力。

(2)建立差别化的城乡融合发展体制机制和政策体系。不同地区在地理位置、经济基础、资源禀赋和种植结构等方面存在明显差异,政府应充分考虑其地区特性,因地制宜推动城乡融合发展,从而实现农业生态效率的有效提升。

(3)推动人、地、资本高效融合,实现保护环境和经济增长的协调发展。持续提高农户收入,优化劳动力就业结构,完善文化、教育和医疗等公共服务体系,为兼顾城乡一体化发展与农业生态目标提供新思路。在追求经济高速发展的同时,引导农户绿色生产行为,从而推动农业绿色产业化进程。

参考文献(References):

- [1] 李谷成. 中国农业的绿色生产率革命: 1978—2008年[J]. 经济学(季刊), 2014, 13(2): 537—558. [Li G C. The green productivity revolution of agriculture in China from 1987 to 2008[J]. China Economic Quarterly, 2014, 13(2): 537—558.]
- [2] 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[J]. 中国农村经济, 2018, (1): 46—62. [Wang B Y, Zhang W G. Cross-provincial differences in determinants of agricultural eco-efficiency in China: An analysis based on panel data from 31 provinces in 1996—2015[J]. Chinese Rural Economy, 2018, (1): 46—62.]
- [3] 徐雪, 王永瑜. 城乡融合的逻辑机理、多维测度及区域协调发展研究: 基于新型城镇化与乡村振兴协调推进视角[J]. 农业经济问题, 2023, (11): 49—62. [Xu X, Wang Y Y. Research on the logical mechanism, multidimensional measurement and regional coordinated development of urban-rural integration: From the perspective of coordinated promotion of new urbanization and rural revitalization[J]. Issues in Agricultural Economy, 2023, (11): 49—62.]
- [4] 陆铭, 李鹏飞. 城乡和区域协调发展[J]. 经济研究, 2022, 57(8): 16—25. [Lu M, Li P F. Coordinated development between urban and rural areas and between different regions[J]. Economic Research Journal, 2022, 57(8): 16—25.]
- [5] 朱玉春, 胡乃元, 马鹏超, 等. 统筹推进县域城乡融合发展: 理论内涵、实践路径与政策建议[J]. 农业经济问题, 2024, (2): 98—108. [Zhu Y C, Hu N Y, Ma P C, et al. Coordinating promotion of county urban-rural integrated development: Theoretical connotation, practical path and policy suggestions[J]. Issues in Agricultural Economy, 2024, (2): 98—108.]
- [6] 郭冬梅, 陈斌开, 吴楠. 城乡融合的收入和福利效应研究: 基于要素配置的视角[J]. 管理世界, 2023, 39(11): 22—37. [Guo D M, Chen B K, Wu N. Research on the income and welfare effects of urban-rural integration: Based on the perspective of factor allocation[J]. Journal of Management World, 2023, 39(11): 22—37.]
- [7] Zhou P F, Yang S Y, Wu X H, et al. Calculation of regional agricultural production efficiency and empirical analysis of its influencing factors—based on DEA-CCR model and Tobit model[J]. Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, 2022, 22(1): 109—122.
- [8] 高增安, 何兴隆. 习近平关于新时代城乡融合发展的重要论述研究[J]. 经济学家, 2023, (6): 5—14. [Gao Z A, He X L. Research on Xi Jin-ping's important discourse on integrated development of urban and rural areas in the new era[J]. Economist, 2023, (6): 5—14.]
- [9] 张露, 罗必良. 中国工农城乡关系: 历史演进、基本经验与调整策略[J]. 中国农村经济, 2023, (6): 2—21. [Zhang L, Luo B L. The

- industry-agriculture and urban-rural relations in China: Historical evolution, basic experience and adjustment strategies[J]. *Chinese Rural Economy*, 2023, (6): 2-21.]
- [10] 魏后凯. 深刻把握城乡融合发展的本质内涵[J]. *中国农村经济*, 2020, (6): 5-8. [Wei H K. Deeply grasp the essence of integrated urban and rural development[J]. *Chinese Rural Economy*, 2020, (6): 5-8.]
- [11] 张博胜, 杨子生. 中国城乡协调发展与农村贫困治理的耦合关系[J]. *资源科学*, 2020, 42(7): 1384-1394. [Zhang B S, Yang Z S. Coupling relationship between urban-rural coordinated development and rural poverty governance[J]. *Resources Science*, 2020, 42(7): 1384-1394.]
- [12] 赵伟佚, 潘玮, 李裕瑞. 县域内城乡融合发展: 理论内涵与研究进展[J]. *地理研究*, 2023, 42(6): 1445-1464. [Zhao W Y, Pan W, Li Y R. Urban-rural integration within the county territory: Theoretical connotation and research progress[J]. *Geographical Research*, 2023, 42(6): 1445-1464.]
- [13] 李兰冰, 高雪莲, 黄玖立. “十四五”时期中国新型城镇化发展重大问题展望[J]. *管理世界*, 2020, 36(11): 7-22. [Li L B, Gao X L, Huang J L. Prospects for major issues of China's new urbanization development during the “14th Five-Year Plan” period[J]. *Journal of Management World*, 2020, 36(11): 7-22.]
- [14] 周慧, 刘杨, 周加来. 共同富裕背景下县域城乡融合发展的理论逻辑与实践进路[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2023, 23(3): 44-52. [Zhou H, Liu Y, Zhou J L. Theoretical logic and practical approach of county-level urban-rural integration under the background of common prosperity[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2023, 23(3): 44-52.]
- [15] 王松茂, 尹延晓, 徐宣国. 数字经济能促进城乡融合吗? 以长江经济带11个省份为例[J]. *中国软科学*, 2023, (5): 77-87. [Wang S M, Yin Y X, Xu X G. Can digital economy promote urban-rural integration? Taking 11 provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt as an example[J]. *China Soft Science*, 2023, (5): 77-87.]
- [16] 罗婉璐, 王武林, 林珍, 等. 中国城乡融合时空演化及驱动因素[J]. *地理科学进展*, 2023, 42(4): 629-643. [Luo W L, Wang W L, Lin Z, et al. Spatiotemporal evolution and driving factors of urban-rural integration in China[J]. *Progress in Geography*, 2023, 42(4): 629-643.]
- [17] 崔树强, 周国华, 吴国华, 等. 空间交互视角下长株潭城市群地区城乡融合度评价及其驱动机制[J]. *地理研究*, 2023, 42(4): 1029-1049. [Cui S Q, Zhou G H, Wu G H, et al. The evaluation of urban-rural integration degree and its driving mechanism in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration from the perspective of spatial interaction[J]. *Geographical Research*, 2023, 42(4): 1029-1049.]
- [18] 王克强, 杨亚炫, 刘红梅, 等. 集体经营性建设用地入市影响城乡融合发展研究[J]. *农业技术经济*, 2023, (2): 45-63. [Wang K Q, Yang Y X, Liu H M, et al. Study on the impact of collective commercial construction land entering the market on the urban-rural integrated development[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2023, (2): 45-63.]
- [19] 马艳. 基于两阶段Super-NSBM模型的农业生态效率及影响因素研究: 以长江经济带为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(4): 883-894. [Ma Y. Study on agricultural ecological efficiency and its influencing factors based on two-stage super-efficiency network SBM model: A case study of the Yangtze River Economic Belt[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, 32(4): 883-894.]
- [20] 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[J]. *中国农村经济*, 2019, (12): 85-104. [Hu P B, Zhong Y P. The mechanism of improving agricultural eco-efficiency by the integration of agriculture and tourism supported by the government: Taking the national leisure agriculture and rural tourism demonstration counties as an example[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019, (12): 85-104.]
- [21] 侯孟阳, 邓元杰, 姚顺波. 农村劳动力转移、化肥施用强度与农业生态效率: 交互影响与空间溢出[J]. *农业技术经济*, 2021, 318(10): 79-94. [Hou M Y, Deng Y J, Yao S B. Rural labor transfer, fertilizer use intensity and agro-ecological efficiency: Interaction effects and spatial spillover[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021, 318(10): 79-94.]
- [22] Huppes G, Ishikawa M. A framework for quantified eco-efficiency analysis[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2005, 9(4): 25-41.
- [23] Orea L, Wall A. A parametric approach to estimating eco-efficiency[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2017, DOI: 10.1111/1477-9552.12209.
- [24] Notarnicola B, Sala S, Anton A. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, (140): 399-409.
- [25] Liu X, Guo P, Guo S. Assessing the eco-efficiency of a circular economy system in China's coal mining areas: Emergy and data envelopment analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, (206): 1101-1109.
- [26] Picazo A J, Beltrán M, Gómez J A. Assessing eco-efficiency with directional distance functions[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 220(3): 798-809.
- [27] Pérez M, Lansink A O, Wall A. Eco-efficiency among dairy farmers: The importance of socio-economic characteristics and farmer attitudes[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2016, 64: 559-574.

2024年8月

- [28] Zhou K, Zheng X Q, Long Y, et al. Environmental regulation, rural residents' health investment, and agricultural eco-efficiency: An empirical analysis based on 31 Chinese provinces[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, DOI: 10.3390/ijerph19053125.
- [29] 崔许锋, 王雨菲, 张光宏. 面向低碳发展的农业生态效率测度与时空演变分析: 基于SBM-ESDA模型[J]. *农业经济问题*, 2022, (9): 47-61. [Cui X F, Wang Y F, Zhang G H. Low-carbon oriented measurement and spatiotemporal evolution of agricultural eco-efficiency in China: Based on SBM-ESDA model[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2022, (9): 47-61.]
- [30] 匡远配, 张容. 农地流转对粮食生产生态效率的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(4): 172-180. [Kuang Y P, Zhang R. Effect of farmland transfer on the ecological efficiency of food production[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(4): 172-180.]
- [31] 祝宏辉, 杜美玲, 尹小君. 节水农业技术对绿洲农业生态效率的影响: 促进还是抑制? 以新疆玛纳斯河流域绿洲农业为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2022, 36(10): 34-41. [Zhu H H, Du M L, Yin X J. Impact of water-saving agricultural technology on oasis agricultural ecological efficiency: Promote or inhibit?[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2022, 36(10): 34-41.]
- [32] 姜智强, 刘伊霖, 曾智, 等. 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[J]. *经济问题*, 2022, 514(6): 113-122. [Jiang Z Q, Liu Y L, Zeng Z, et al. The impact of public environmental expenditure on agricultural eco-efficiency: Empirical evidence from the Yangtze River Economic Belt[J]. *On Economic Problems*, 2022, 514(6): 113-122.]
- [33] 尚杰, 吉雪强, 陈玺名. 中国城镇化对农业生态效率的影响: 基于中国13个粮食主产区2009-2018年面板数据[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2020, 28(8): 1265-1276. [Shang J, Ji X Q, Chen X M. Study on the impact of China's urbanization on agricultural ecological efficiency: Based on panel data of 13 major grain-producing regions in China from 2009 to 2018[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(8): 1265-1276.]
- [34] 刘玉邦, 睦海霞. 绿色发展视域下我国城乡生态融合共生研究[J]. *农村经济*, 2020, (8): 19-27. [Liu Y B, Sui H X. Study on ecological integration and symbiosis between urban and rural areas in China from the perspective of green development[J]. *Rural Economy*, 2020, (8): 19-27.]
- [35] 刘玉洁, 张安录, 刘蒙零. 长江中下游粮食主产区城镇化与耕地利用生态效率耦合协调度时空格局分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2022, 43(08): 106-118. [Liu Y J, Zhang A L, Liu M B. Spatial-temporal pattern analysis of coupling coordination degree between urbanization and cultivated land use ecological efficiency in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(8): 106-118.]
- [36] 赵伟, 诸培新. 土地资源配置影响城乡融合发展的作用机制[J]. *资源科学*, 2023, 45(11): 2144-2155. [Zhao W, Zhu P X. Impact mechanism of land resource allocation on integrated urban-rural development[J]. *Resources Science*, 2023, 45(11): 2144-2155.]
- [37] 余志刚, 孙子烨, 金鑫. 秸秆还田与农业绿色全要素生产率: 促进还是抑制?[J]. *干旱区资源与环境*, 2023, 37(9): 36-45. [Yu Z G, Sun Z Y, Jin X. Straw incorporation and agricultural green total factor productivity: Promotion or inhibition? [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2023, 37(9): 36-45.]
- [38] 谢会强, 吴晓迪. 城乡融合对中国农业碳排放效率的影响及其机制[J]. *资源科学*, 2023, 45(1): 48-61. [Xie H Q, Wu X D. Impact and its mechanism of urban-rural integration on the efficiency of agricultural carbon emissions in China[J]. *Resources Science*, 2023, 45(1): 48-61.]
- [39] 胡池群, 马晓钰, 刘家民. 城乡融合对农业碳排放强度的影响研究[J]. *农业现代化研究*, 2023, 44(4): 668-679. [Hu C Q, Ma X Y, Liu J M. Research on the impact of urban-rural integration on the carbon emission intensity of agriculture[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2023, 44(4): 668-679.]
- [40] Gbadegesin W, Leonard L P. Transaction cost factors affecting the economic life of smallholder paddy farmers in Tanzania[J]. *African Journal of Sustainable Development*, 2019, 9(1): 23-40.
- [41] Qi J C, Liu H P, Liu X P. Spatiotemporal evolution analysis of time-series land use change using self-organizing map to examine the zoning and scale effects[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2019, 76: 11-23.
- [42] Tone K, Tsutsui M. Dynamic DEA: A slacks-based measure approach[J]. *Omega*, 2010, 38(3): 145-156.
- [43] 龙亮军. 基于两阶段Super-NSBM模型的城市生态福利绩效评价研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(7): 1-10. [Long L J. Evaluation of urban ecological well-being performance of Chinese major cities based on two-stage super-efficiency network SBM model[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(7): 1-10.]
- [44] Oh D. A global Malmquist-Luenberger productivity index[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2010, 34(3): 183-197.
- [45] 郑志浩, 程申. 中国粮食种植业TFP增长率及其演进趋势: 1980-2018[J]. *中国农村经济*, 2021, (7): 100-120. [Zheng Z H, Cheng S. Total factor productivity change in China's grain production industry: 1980-2018[J]. *Chinese Rural Economy*, 2021, (7): 100-120.]
- [46] 朱秋博, 白军飞, 彭超, 等. 信息化提升了农业生产率吗?[J]. *中国农村经济*, 2019, (4): 22-40. [Zhu Q B, Bai J F, Peng C, et al.

- Do information communication technologies improve agricultural productivity?[J]. *Chinese Rural Economy*, 2019, (4): 22–40.]
- [47] 金绍荣, 任赞杰. 乡村数字化对农业绿色全要素生产率的影响[J]. *改革*, 2022, (12): 102–118. [Jin S R, Ren Z J. The impact of rural digitization on agricultural green total factor productivity[J]. *Reform*, 2022, (12): 102–118.]
- [48] 魏佳朔, 高鸣. 农业劳动力老龄化如何影响小麦全要素生产率增长[J]. *中国农村经济*, 2023, (2): 109–128. [Wei J S, Gao M. How does agricultural labor aging affect wheat total factor productivity growth?[J]. *Chinese Rural Economy*, 2023, (2): 109–128.]
- [49] 陈菁泉, 信猛, 马晓君, 等. 中国农业生态效率测度与驱动因素[J]. *中国环境科学*, 2020, 40(7): 3216–3227. [Chen J Q, Xin M, Ma X J, et al. Measurement and driving factors of agricultural eco-efficiency in China[J]. *China Environmental Science*, 2020, 40(7): 3216–3227.]
- [50] 邓悦, 崔瑜, 卢玮楠, 等. 市域尺度下中国农业低碳发展水平空间异质性及影响因素: 来自种植业的检验[J]. *长江流域资源与环境*, 2021, 30(1): 147–159. [Deng Y, Cui Y, Lu W N, et al. Research on spatial heterogeneity and influencing factors of China's low-carbon agriculture development level at city scale: Inspection from planting industry[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(1): 147–159.]
- [51] 谭美秋, 崔耀平, 马晓哲. 河南省农田生态系统碳汇核算研究[J]. *生态与农村环境学报*, 2022, 38(9): 1129–1137. [Tan M Q, Cui Y P, Ma X Z. Study on carbon sink estimation of cropland ecosystem in Henan Province[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2022, 38(9): 1129–1137.]
- [52] 刘明辉, 卢飞. 城乡要素错配与城乡融合发展: 基于中国省级面板数据的实证研究[J]. *农业技术经济*, 2019, (2): 33–46. [Liu M H, Lu F. Study on the influence of factor mismatch on urban-rural influence development: Evidence from Chinese provincial panel data[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2019, (2): 33–46.]
- [53] 白珂. 环境规制、低碳技术创新与工业绿色全要素生产率[J]. *技术经济与管理研究*, 2023, (2): 30–36. [Bai K. Environmental regulation, low-carbon technology innovation and industrial green total factor productivity[J]. *Journal of Technical Economics & Management*, 2023, (2): 30–36.]
- [54] 张帆, 施震凯, 武戈. 数字经济与环境规制对绿色全要素生产率的影响[J]. *南京社会科学*, 2022, (6): 12–20. [Zhang F, Shi Z K, Wu G. The impact of digital economy and environmental regulation on green total factor productivity[J]. *Nanjing Journal of Social Sciences*, 2022, (6): 12–20.]
- [55] 秦天, 彭珏, 邓宗兵, 等. 环境分权、环境规制对农业面源污染的影响[J]. *中国人口·资源与环境*, 2021, 31(2): 61–70. [Qin T, Peng J, Deng Z B, et al. Environmental decentralization, environmental regulation and agricultural non-point source pollution[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(2): 61–70.]
- [56] 王帅, 王亚静. 城镇化与粮食生态效率: 基于异质性城镇化的理论视角与实证检验[J]. *农业现代化研究*, 2023, 44(3): 469–479. [Wang S, Wang Y J. Urbanization and grain eco-efficiency: Theoretical perspective and empirical test based on heterogeneous urbanization[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2023, 44(3): 469–479.]
- [57] 邓郴宜, 万勇, 汪子泉. 产城人融合是否促进了绿色技术创新量质齐升? 以长三角城市群为例[J]. *华东经济管理*, 2023, 37(11): 17–28. [Deng C Y, Wan Y, Wang Z X. Does the integration of industry-city-people promote the “joint improvement of quantity and quality” of green technology innovation? Taking 41 cities in the Yangtze River Delta as an example[J]. *East China Economic Management*, 2023, 37(11): 17–28.]

Impact of urban–rural integration on agricultural ecological efficiency in China and mechanism

ZHANG Zhenwang, LI Jianqiang

(School of Management, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: [Objective] Urban-rural integration is a key factor affecting agricultural ecological efficiency. This paper clarifies the logical relationship between the two and its mechanism, hoping to provide policy enlightenment for promoting the steady improvement of agricultural ecological

efficiency and promoting the green development of agriculture. **[Methods]** Based on the panel data of 31 provinces in China's mainland from 2006 to 2020, the entropy method and Super-NSBM model were used to measure urban-rural integration and agricultural ecological efficiency and their sub-stages, and the spatial distribution of urban-rural integration and agricultural ecological efficiency was compared and analyzed. Then the fixed effect model and threshold effect model were used to analyze the influence of urban-rural integration on agricultural ecological efficiency and its mechanism. **[Results]** The results show that urban-rural integration could not only effectively promote the improvement of agricultural ecological efficiency, but also significantly promote the agricultural production accumulation stage and the agricultural ecological management stage. Urban-rural integration had an impact on agricultural ecological efficiency mainly through improving technical efficiency. Based on the decomposition of urban-rural integration, the integration of land and capital was the key to improve agricultural ecological efficiency. From the perspective of geographical location heterogeneity and grain production functional area heterogeneity, in the central and western regions, the integrated development of urban and rural areas played a significant role in promoting agricultural ecological efficiency, while the effect in the eastern region was not significant. Compared with major grain-producing areas, urban-rural integration in non-major grain-producing areas can produce a more significant and larger effect on improving agricultural ecological efficiency. With the improvement of the development level of urban-rural integration, the promotion effect of urban-rural integration on agricultural ecological efficiency had a significant threshold effect, that is, the positive impact of urban-rural integration on agricultural ecological efficiency was characterized by diminishing marginal effect. **[Conclusion]** Rural-urban integration had a positive impact on agricultural ecological efficiency in China, and this impact showed geographical location heterogeneity, grain production functional area heterogeneity, and threshold effect. To this end, the independent development and introduction of green innovative technologies should be encouraged, the application channels of green production technologies should be broadened, and the efficient integration of people, land, and capital should be promoted through the establishment of differentiated urban-rural integrated development systems and mechanisms, in order to realize the coordinated development of green agricultural production and economic growth.

Key words: urban-rural integration; agricultural ecological efficiency; technical efficiency; Super-NSBM model; threshold effect; China