

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20240401

• 绿色发展 •

农村产业融合对农业碳排放的影响： 机制路径及空间溢出效应分析*

李宽¹, 史磊²*

(1.首都经济贸易大学经济学院, 北京 100070; 2.中国海洋大学管理学院, 山东青岛 266000)

摘 要 [目的] 破解农业碳排放问题是全面推进农业绿色转型发展的关键举措, 探索农村产业融合对农业碳排放的影响, 有助于为推进农业可持续发展拓展新途径。[方法] 文章基于2008—2020年省级面板数据, 通过构建中介效应模型和空间杜宾模型实证检验了农村产业融合对农业碳排放的影响机制和空间影响关系。[结果] (1) 农村产业融合对农业碳排放存在显著的“减碳效应”。(2) 基于投入要素视角, 农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步发挥了中介作用, 即农村产业融合可以通过优化劳动力、土地、技术等要素间接实现“减碳效应”。(3) 农村产业融合与农业碳排放均存在显著的空间集聚特征, 且具有正向空间溢出效应。(4) 农村产业融合通过空间溢出效应对邻近地区农业存在显著的“减碳效应”。[结论] 充分肯定农村产业融合对农业碳排放的重要作用, 继续发挥好政策、资金和技术的保障作用, 深化农村产业融合进程, 助推低碳农业高质量发展。

关键词 农村产业融合 农业碳排放 中介效应模型 空间杜宾模型 空间溢出效应

中图分类号: F323; X322 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2024]04-0001-14

0 引言

当前气候变暖引发的自然灾害日益频发, 碳排放已成为一个备受社会关注的问题。农业是碳排放重要来源, 据统计农业生产活动产生的温室气体排放占全国总量20%左右, 碳排放占全国碳排放总量13%左右^[1]。我国面临着2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的战略目标, 农业农村领域减排固碳是我国碳达峰、碳中和的重要组成部分, 也是实现农业农村高质量发展和绿色低碳转型的必然需求。根据2023年3月31日中国农业科学院最新发布的《2023中国农业农村低碳发展报告》显示, 我国农业以1/16的碳排放创造了1/10的GDP, 主要农产品碳排放强度呈下降趋势^①。在取得阶段性成果的同时, 不可否认当前我国农业碳减排工作仍面临着诸多问题和挑战, 由于低碳农业涉及生产环节多、覆盖面广, 需要更加深刻的调整和变革, 需要一系列全方位而非单一方面的解决方案^②。

农村产业融合是构建现代农业产业体系, 加快转变农业发展方式的重要探索。自2015年“中央一号文件”发布以来, 推进农村产业融合发展已经成为中央农村工作的焦点。农村产业融合是资本、劳动和技术等要素的跨界渗透和交叉融合, 带动农业生产和组织方式发生改变, 进而推动生产要素跨产业优化配置, 实现农业产业内部及与第二三产业的协同发展^[2]。要素配置效率的完善是提高农业生产效率的关键

收稿日期: 2023-06-03

作者简介: 李宽 (1990—), 男, 河北沧州人, 博士研究生。研究方向: 农业农村经济

※通讯作者: 史磊 (1982—), 男, 山东菏泽人, 副教授。研究方向: 农业经济理论与政策。Email: qdshilei@126.com

* 资助项目: 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“乡村产业兴旺科技支撑的体制机制研究”(21JZD030); 山东省重点研发计划(软科学项目)重点项目“‘科技—经济—生态’协同视角下绿色低碳高质量发展机制与路径研究”(2023RZB01003)

①资料来源: 中国农业农村低碳发展论坛暨第十六届农业环境峰会《2023中国农业农村低碳发展报告》: <https://www.rmzxb.com.cn/c/2023-04-02/3323285.shtml>

②中国农科院副院长梅旭荣在中国农业农村低碳发展论坛暨第十六届农业环境峰会上的讲话

所在,这有利于在既定产出下减少农药、化肥、柴油等碳排放源的消耗,进而减少农业碳排放。因此,农村产业融合可能会成为一种新减排固碳的解决方案。同时农村产业融合发展促使各地区间农业生产要素的流动日趋频繁,这是否会影响邻近地区的农业碳排放?关于这些问题的思考与探索,对实现低碳农业,推动农业可持续发展具有重要意义,也可以为推动我国实现双碳目标贡献一定的政策启示。

1 文献回顾

关于农村产业融合的研究,最早可以追溯到日本学者今村奈良臣所提出的“六次产业”概念。已有研究大都围绕产业融合的测度及其影响效应展开。学者们采用的测度方法和构建的评价指标有所不同,但得到的结论较为一致,即我国农村产业融合发展的整体水平仍偏低,产业融合提升空间依旧很大,且地区间产业融合存在较大差异性特征^[3,4]。虽然目前我国农村产业融合水平相对比较低,但学者们对农村产业融合产生的经济效益已形成了研究共识,认为农村产业融合通过人力资本水平^[5]、优化土地、资金和技术要素^[6]、多元化种植模式^[7]等途径对农民收入产生积极作用,而且通过空间溢出效应对邻近地区农民收入也会产生积极的影响^[8],继而在乡村振兴及脱贫攻坚的背景下,农村产业融合发展有助于缩小城乡收入差距^[9],推动共同富裕^[10]。也有学者验证了农村产业融合发展对新型城镇化水平的提升产生显著的正向影响,且具有显著的正向空间溢出效应^[11]。还有学者考察农村产业融合对不同污染性生产行为的影响,发现农村产业融合的发展进一步降低了农业生产中化肥施用、农药以及农膜使用强度,而且只有在高发展水平下,产业融合的农村生态环境改善效应才会显现^[12]。

农业碳排放的科学理论研究是制定农业碳减排政策的基础,当前学界围绕农业碳排放开展了丰富研究。一方面学者们探讨了农业碳排放的测算指标和计算体系,提出排放系数法、模型模拟法、实地测量法^[13],深入分析了农业碳排放现状及其演变规律^[14,15],并提出中国实现农业碳中和的路径图^[16]。另一方面学者们在精确测算我国农业碳排放的基础上,对我国农业碳排放的特征以及影响因素开展相应研究,主要探讨了城乡融合^[17]、农业机械化^[18,19]、农业产业集聚^[20,21]、农地流转与规模经营^[22-24]、农产品贸易^[25]、技术进步^[26,27]、数字普惠金融^[28]等对农业碳排放的影响。回顾以往研究发现,现有关于农业碳排放的研究非常丰富,在农业碳排放的全面测算、农业碳排放的特征及影响因素方面取得了丰硕的成果,为农业碳减排行动开展提供了一定的科学指导。

通过梳理文献可知,已有文献更多侧重于研究农村产业融合促农增收的经济效应,缺少对农村产业融合环境效应的关注,尤其是对农业碳排放影响的研究较少。农村产业融合是将资本、技术以及资源要素进行跨界集约化配置,必然对农业生产环境带来的影响,尤其是对农业碳排放影响。同时产业融合伴随着生产要素跨区流动,这一过程是否会对农业碳排放产生影响,这些为以后的研究提供了潜在的空间。鉴于此,文章主要尝试从四个方面做出可能的边际贡献:(1)探究农村产业融合和农业碳排放二者间是否存在影响关系?(2)若存在影响关系,二者是通过何种机制路径实现的?(3)二者是否均存在空间特征,又是否具有空间溢出效应?(4)若存在空间特征,本地区农村产业融合是否能够对邻近地区产生同样的作用?该文期望通过研究,一方面进一步丰富农村产业融合的相关研究成果,另一方面为我国农业减排固碳提供一个新视角。

2 机理分析与研究假说

劳动力、土地、技术是农业产业融合的重要生产要素,决定了三产融合的水平和质量^[29]。随着农村产业融合水平提升,产业间相互渗透带来生产要素的跨界集约配置的“帕累托改进”^[30],要素资源的利用率也会提升^[31],进而对农业碳排放产生不同影响。此外,农村产业融合发展破除农业内部产业的多种壁垒,通过生产要素的跨区域流动可能会带来“示范效应”和“外溢效应”。因此,该地区农村产业融合对邻近地区农业碳排放是否存在空间影响关系,也是该文重点考察的内容。

2.1 劳动力外流的间接机理分析

农村劳动力外流对农业碳排放的影响机制主要表现为农业“去内卷化”效应和要素再配置效应^[32]。一方面农村产业融合发展,有助于融合主体之间形成利益联结机制,推动产业链条的纵向延伸和横向拓展,从而扩大生产规模,衍生更多就业机会,充分吸纳冗余农村劳动力^[33]。劳动力外流相对提高了农村人均资源占有量,缓解了资源与环境的压力。另一方面,劳动力外流造成劳动力供给短缺,需要更多机械替代人工从事农业生产,这有助于推动农业机械化,极大提高农业生产效率和化肥、农药等化学品的资源利用率,推动农业生产向精细化、绿色化方向发展^[34]。因此,农村产业融合通过加速推动劳动力外流,促使农村人口结构优化,农村资源约束得到缓解,从而有助于达到节能减排的目的。

2.2 土地规模化经营的间接机理分析

土地是农村产业融合发展的载体,农村产业融合发展促使土地资源的利用更加全面。如农旅融合借助于农业与服务业的融合,形成农业+旅游、农业+康养、农业+文旅等多种绿色产业融合模式^[35],对土地规模化经营提出了更高的要求。相比农地流转之前的零碎化、粗放式经营方式,土地规模化经营促使农业投入要素配比更加趋于科学化,尤其是化肥等污染性要素减量增效明显^[36]。此外,土地规模化经营可以采用机械化集中作业方式,相对减少机械化重复耕作的次数带来能源消耗排放,提高了农业生产效率^[37],继而达实现减排目的。因此,农村产业融合通过土地规模化经营对农业碳减排具有明显的积极意义。

2.3 农业科技进步的间接机理分析

伴随着农村产业融合发展趋势的强化,特别是第三产业的融入可以为农业提供更多的技术和服务支持,农业科技发展可以提升农业生产的效率^[38],在同样的耕地面积、肥料和水资源下能够生产出更多的农产品,实现产量与碳排放脱钩。其次,农村产业融合发展激发了农业发展的活力,一些种植大户、职业农民以及农村合作社等新型经营主体开始下沉农村地区,相较普通农户,新型农业经营主体拥有更为完整和系统的农业生产知识和经营管理理念,从而更倾向采纳绿色低碳生产技术。因此,农村产业融合通过促进农业科技进步对农业碳减排存在显著影响。

综上所述,基于以上机理分析,提出以下假说。

假说1:农村产业融合对农业碳排放存在显著的“减碳效应”。

假说2:基于投入要素视角,农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步发挥了中介作用,即农村产业融合可以通过促进农村劳动力外流、推进土地规模化经营和提高农业科技进步间接实现“减碳效应”。

2.4 空间溢出效应机理分析

基于“地理学第一定律”的观点,任何事物之间都存在一定的空间依赖性,且会受到地理距离因素的影响,因而空间特征也会呈现强弱差别^[39]。首先,农村产业融合通过整合农业资源,构造完整产业链,提升了农产品附加值促进当地农民实现增收^[40],而这种获益能够产生“示范效应”。周边邻近地区受到激励作用,从而通过模仿和学习经验,带动当地农业资源优化重组,从而对当地农业生产和资源利用产生影响,继而可以降低当地的农业碳排放。其次,农村产业融合存在“外溢效应”。产业融合的优势在于将分散产业进行紧密结合,以实现产业链和价值链上下游的优势互补^[41]。产业融合过程中通过知识或者技术传播,带来“知识溢出效应”或“技术溢出效应”可以突破地理空间的限制。如网络农业技术指导服务平台等方式,向相邻地区提供农业专业化技术服务,影响邻近地区生产,继而对碳排放产生一定的抑制作用。最后农村产业融合对邻近地区碳排放也可能会存在“挤出效应”,具体来说,当地通过不同产业的融合模式带来较高收益,能够吸引政策以及社会资金的青睐,因而对邻近地区社会资源占有产生挤出,可能导致邻近地区产生“增碳效应”,但这种“挤出效应”的影响尚且正负未定,需要进一步进行实证检验。

基于此,基于以上理论分析,提出以下假说。

假说3：农村产业融合与农业碳排放均存在显著空间集聚特征，且具有空间溢出效应。

假说4：农村产业融合对当地农业碳排放存在显著的“减碳效应”，而且通过空间溢出效应对邻近地区产生“减碳效应”，也可能产生“增碳效应”。

3 数据来源、变量说明与模型设计

3.1 数据来源

该文以2008—2020年省级面板数据为样本观测值，由于西藏及港澳台地区数据存在严重缺失，为保证样本数据的连续性和一致性，进行了剔除，有效保留了30个省（区、市）数据。对部分年份和省（区、市）存在缺失的数据采取线性插值的方法进行补全，其面板数据也进行了1%缩尾处理。数据主要来源于《中国农业年鉴》《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国农村经营管理统计年报》以及国家统计局和各地方统计年鉴等。

3.2 变量说明

（1）被解释变量：农业碳排放强度（CO₂），由于不同地区的农业种植规模存在较大差异，以农业碳排放量度量存在较大争议^[42]，故以农业碳排放量与农业总产值的比值度量，其中农业总产值以2008年为基期进行了价格平减。目前我国农业碳排放主要来自四个方面：农地利用、农田土壤、稻田和牲畜养殖碳排放。由于该文重在考量狭义种植业，因此并未考量牲畜养殖的碳排放情况。此外，碳排放测度方法主要有生长周期测度法和因子测度公式法，而后者是目前学术界最为常用的方法，因此该文将继续沿用此方法。碳排放系数详见李波等^[43]、闵继胜等^[44]研究成果。

（2）核心解释变量：农村产业融合（Merge），目前学术界对农村产业融合测度尚未形成一套普遍认可的评价指标体系。但通过归纳学者们构建的指标体系可以发现，大都包含了农业产业链延伸、农业多功能拓展、农业服务业融合、农业新业态培育、农业技术渗透和利益联结机制完善等6个维度的内容。因此，该文主要借鉴张林等^[45]构建指标体系，采用熵值法对农村产业融合进行测度。由于部分指标（乡村非农就业占比）的统计数据缺失严重，且数据获取存在一定难度，因而该文进行了剔除。指标体系见表1所示。

表1 农村产业融合发展指数评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	指标说明	方向	权重
农村产业融合发展指数	农业产业链延伸	第一产业总产值占比	第一产业增加值/地区生产总值	+	0.013 8
		人均农副产品加工业总产值	规模以上农副产品加工业总产值/农村人口数	+	0.152 4
	农业多功能拓展	休闲农业发展情况	休闲农业年营业收入/第一产业总产值	+	0.127 0
	农业服务业融合	人均农林牧渔服务业产值	农林牧渔服务业产值/农村人口数	+	0.070 6
	农业新业态培育	设施农业面积占比	设施农业总面积/耕地总面积	+	0.163 0
	农业技术渗透	农业机械化程度	农业机械总动力/耕地总面积	+	0.054 3
		农业劳动生产率	第一产业总产值/第一产业从业人数	+	0.322 2
	利益联结机制完善	每万人拥有农民合作社数量	农民专业合作社数量/农村人口数	+	0.096 7

（3）中介变量：结合前文机理分析，该文中介变量分别为农村劳动力外流（Labor）、土地规模化经营（Land）和农业科技进步（Science）。其中，农村劳动力外流采用农村劳动力外出务工人员数与劳动力总人数之比度量。土地规模化经营采用农户户均农作物播种面积来衡量。农业科技进步借鉴陶群山等^[46]，江艳军等^[47]的测算方法，通过农业生产函数测算了农业科技进步率。

（4）控制变量：①农业产业集聚采用区位熵方法测算。②有效灌溉面积以年末农地灌溉总面与耕地面积之比度量。③农业财政扶持以农林水事务支出与财政一般性支出之比度量。④农业机械化水平以年末机械总动力取自然对数度量。⑤人力资本水平以农村平均受教育年程度量。变量描述性统计分析见表2所示。

表2 变量描述性统计分析

变量属性	变量名称	单位	符号	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	农业碳排放强度	t/万元	CO ₂	390	0.224	0.078	0.075	0.434
核心解释变量	农村产业融合	—	Merge	390	0.126	0.075	0.030	0.397
中介变量	农村劳动力外流	%	Labor	390	0.383	0.100	0.080	0.580
	土地规模化经营	亩/户	Land	390	0.520	1.460	0.001	8.465
	农业科技进步	—	Science	390	4.219	2.189	1.590	12.140
控制变量	农业产业集聚	—	Gather	390	1.207	0.678	0.056	3.198
	有效灌溉面积	%	InIrrigate	390	8.174	1.135	4.484	9.610
	农业财政扶持	%	Finance	390	0.112	0.032	0.041	0.186
	农业机械化水平	万kW	lnMechanization	390	7.648	1.101	4.597	9.427
	人力资本水平	年	Manpower	390	7.652	0.624	5.988	9.424

注:1亩=0.067 hm²

3.3 模型设计

3.3.1 中介效应模型

该文机制检验,主要借鉴温忠麟等^[48]逐步回归做法构建中介效应模型为:

$$Y_{it} = a_0 + a_1 X_{it} + a_2 \sum C_{it} + e_{it} \quad (1)$$

$$M_{it} = \eta_0 + \eta_1 X_{it} + \eta_2 \sum C_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Y_{it} = \delta_0 + \delta_1 X_{it} + \delta_2 M_{it} + \delta_3 \sum C_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式(1)至(3)中, Y_{it} 为被解释变量农业碳排放; X_{it} 为解释变量农村产业融合; M_{it} 为中介变量,分别代表农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步; C_{it} 为所有控制变量, ε_{it} 为随机扰动项。

3.3.2 空间模型建立

①全局自相关模型。农村产业融合与农业碳排放是否存在空间影响关系,需要经过空间相关性的检验,空间相关性最为常见的方法是全局莫兰指数计算(Moran's I),模型为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (4)$$

式(4)中, n 表示区域空间单元总数, X_i 和 X_j 表示随机变量 X 在地理单元 i 和 j 的属性值, $\bar{X}$ 为 n 个空间单元样本属性值的平均值, $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$ 为样本方差, W_{ij} 为空间权重矩阵的(i 和 j)元素(用来度量区域 i 与区域 j 之间距离), $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}$ 为空间权重之和。全局莫兰指数 I 在0~1取值为正相关,表示具有相似的属性聚集在一起,在-1~0取值为负相关,表示具有相异的属性聚集在一起,接近于0表示随机分布,或不存在空间自相关性。

②空间权重矩阵。该文考虑不同空间因素影响下农村产业融合对农业碳排放的溢出效应会存在一定差异,权重矩阵选择为:

$$\text{邻接权重矩阵: } W_1 = \begin{cases} 1, & i \text{ 与 } j \text{ 相邻} \\ 0, & i \text{ 与 } j \text{ 不相邻} \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中,相邻地区取值为1,未相邻地区取值为0。

$$\text{经济权重矩阵: } W_2 = \begin{cases} \frac{1}{|\bar{y}_i - \bar{y}_j|}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (6)$$

式（6）中， $\bar{y}_i$ 为地区*i*的人均GDP， $\bar{y}_j$ 为地区*j*的人均GDP。该文经济距离矩阵基于2008—2020年人均GDP平均值两地差值的倒数作为衡量经济距离的指标。

③空间面板模型。空间面板模型主要有空间误差模型（Spatial Error Model，SEM）、空间滞后模型（Spatial Lag Model，SAR）和空间杜宾模型（Spatial Durbin Model，SDM）。空间杜宾模型的优势是包含了内生性的空间交互效应和外生性的空间交互效应，而空间滞后模型只考虑了内生性的空间交互效应，空间误差模型只考虑了误差项之间的空间交互效应。空间杜宾模型满足一定条件时才能转化为空间误差模型，因此该文选择建立空间杜宾（SDM）进行实证检验。模型为：

$$Y_{it} = \rho W_j Y_{it} + \beta_1 X_{it} + \beta_2 C_{it} + \theta_1 W_j X_{it} + \theta_2 W_j C_{it} + \mu_t + \varepsilon_{it}$$

(7)

式（7）中，*i*和*t*表示省份和时间；其他变量说明同式（1）（3）； W_j 为空间权重矩阵，*j* = 1, 2分别代表邻接权重矩阵和经济权重矩阵； ρ 为空间自回归系数，主要反映空间溢出效应； β_1 和 β_2 表示该地区解释变量对该地区被解释变量的影响； θ_i 为空间滞后变量系数，当 $\theta_i > 0$ 时，说明该地区解释变量对邻近地区被解释变量存在正向溢出效应，当 $\theta_i < 0$ 时，表示存在负向溢出效应。

4 实证结果分析

4.1 机制路径估计结果分析

共线性检验 Mean VIF 值为 5.32<10，说明模型不存在严重的共线性问题。通过 stata16 软件对 3 条机制路径进行了估计，结果如表 3 所示。

表 3 农村产业融合对农业碳排放的机制路径 OLS 回归

变量名称	总路径	间接路径(1)	直接路径(1)	间接路径(2)	直接路径(2)	间接路径(3)	直接路径(3)
	农业碳排放 (CO ₂)	农村劳动力 外流(Labor)	农业碳排放 (CO ₂)	土地规模化 经营(Land)	农业碳排放 (CO ₂)	农业科技进 步(Science)	农业碳排放 (CO ₂)
农村产业融合(Merge)	-0.559*** (0.067)	0.487*** (0.065)	-0.420*** (0.063)	10.633*** (2.070)	-0.362*** (0.065)	5.213** (1.903)	-0.416*** (0.046)
农村劳动力外流(Labor)			-0.285*** (0.034)				
土地规模化经营(Land)					-0.019*** (0.002)		
农业科技进步(Science)							-0.027*** (0.001)
农业产业集聚(Gather)	-0.029** (0.010)	-0.023** (0.009)	-0.035*** (0.010)	0.377** (0.115)	-0.022* (0.009)	0.314 (0.223)	-0.020*** (0.006)
有效灌溉面积(InIrrigate)	-0.018 (0.011)	0.106*** (0.014)	0.012 (0.011)	1.092*** (0.228)	0.002 (0.011)	-0.833** (0.320)	-0.041*** (0.008)
农业财政扶持(Finance)	-0.087 (0.202)	0.572** (0.189)	0.076 (0.187)	-7.196** (2.247)	-0.220 (0.194)	-6.722 (4.846)	-0.271* (0.129)
农业机械化水平(lnMechanization)	0.018 (0.010)	-0.068*** (0.014)	-0.001 (0.009)	-0.837*** (0.200)	0.003 (0.010)	-0.039 (0.255)	0.017* (0.007)
人力资本水平(Manpower)	-0.011 (0.007)	-0.051*** (0.010)	-0.025*** (0.007)	-0.887*** (0.141)	-0.027*** (0.007)	0.265 (0.174)	-0.004 (0.006)
常数项	0.433*** (0.073)	0.328*** (0.087)	0.526*** (0.062)	3.798*** (0.791)	0.503*** (0.073)	9.020*** (1.573)	0.680*** (0.059)
决定系数 R ²	0.211	0.330	0.301	0.235	0.302	0.329	0.606
观测值	390	390	390	390	390	390	390

注：**P* < 0.10、***P* < 0.05、****P* < 0.001，*P* 表示显著性，括号内为稳健标准误，stata16 软件计算，下同

4.1.1 总路径分析

解释变量的估计系数为-0.559,在1%水平下显著。这一结果表明,农村产业融合对农业碳排放具有显著“减碳效应”,即假说1得到验证。

4.1.2 总路径分析间接路径分析

3条机制路径解释变量的估计系数分别为0.487、10.633和5.213,且分别在1%和5%水平下显著,表现为农村产业融合每提高1%,可以对农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步分别产生0.487%、10.633%和5.213%的促进作用。这说明农村产业融合发展进一步释放了农村劳动力,并有效提高农业规模化经营和农业科技进步水平。

表4 Bootstrap 1 000次中介机制检验

机制路径	效应名称	估计系数	t统计	95%置信区间(Conf. Interval)	
农村劳动力外流(Labor)	中介效应	-0.139*** (0.025)	-5.50	-0.188 584 3	-0.089 451 5
	直接效应	-0.420*** (0.066)	-6.33	-0.549 754 1	-0.289 812 2
土地规模化经营(Land)	中介效应	-0.197*** (0.034)	-5.81	-0.263 158 3	-0.130 435 0
	直接效应	-0.362*** (0.063)	-5.72	-0.486 092 9	-0.237 915 9
农业科技进步(Science)	中介效应	-0.143** (0.053)	-2.69	-0.246 774 5	-0.038 844 5
	直接效应	-0.416*** (0.047)	-8.87	-0.507 908 5	-0.324 074 7

注: * $P < 0.10$ 、** $P < 0.05$ 、*** $P < 0.001$,括号内为稳健标准误, stata16软件计算

表5 全局莫兰指数检验

年份	农村产业融合(Merge)			农业碳排放强度(CO ₂)		
	莫兰值(Moran's I)	Z值	P值	莫兰值(Moran's I)	Z值	P值
2008	0.552	4.922	0.000	0.082	0.954	0.170
2009	0.581	5.242	0.000	0.154	1.543	0.161
2010	0.604	5.445	0.000	0.174	1.695	0.045
2011	0.617	5.532	0.000	0.082	0.952	0.070
2012	0.624	5.557	0.000	0.105	1.140	0.097
2013	0.472	4.220	0.000	0.037	1.587	0.059
2014	0.467	4.160	0.000	0.088	1.999	0.039
2015	0.362	3.649	0.000	0.075	0.905	0.183
2016	0.334	3.299	0.000	0.160	1.644	0.050
2017	0.410	3.731	0.000	0.177	1.857	0.032
2018	0.334	3.136	0.001	0.241	2.395	0.008
2019	0.421	3.892	0.000	0.251	2.477	0.007
2020	0.434	3.961	0.000	0.286	2.709	0.003

4.1.3 总路径分析直接路径分析

将解释变量和中介变量加入模型中重新估计,此时解释变量的估计系数分别为-0.420、-0.362、-0.416,且均在1%水平下显著,说明农村产业融合的“减碳效应”依旧存在。需要注意的是,间接路径中的解释变量估计系数符号与直接路径中中介变量的估计系数符号相反,二者相乘后与直接路径解释变量估计系数符号相同,这说明存在中介效应而并非遮掩效应。此外,通过Sobel检验,中介效应占比分别为24.87%、35.21%、25.55%,由此可以说明,农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步发挥了中介作用,即农村产业融合通过促进劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步间接实现“减碳效应”。且土地规模化经营间接作用最为突出,这可能是由于农村产业融合发展激发了新型农业经营主体“互利共生”机制,促进主体优势互补,提高小农户组织化程度,有效推动了小农户与现代农业的有机衔

接^[49]，进而完善农业生产经营方式实现“减碳效应”。假说2得到验证。

对于中介效应检验力的问题，逐步回归法适合分析各变量之间具体影响关系，但就检验力而言部分学者仍有不同的观点，认为检验力要稍弱于 Bootstrap 检验^[50]。且逐步回归后需要进行加强检验。基于此，该文对3条机制路径进行 Bootstrap 检验。通过检验，农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步的中介效应估计系数和直接效应估计系数均通过了显著性检验，且在95%的置信区间内未包含0，可以充分说明存在部分中介效应，再次验证假说2成立的。

4.2 空间溢出效应结果分析

4.2.1 空间相关性结果分析

表5汇报了农村产业融合与农业碳排放强度的全局莫兰指数检验结果，农村产业融合与农业碳排放强度的莫兰指数值均为正，且通过了显著性检验，这说明二者呈现出空间集聚特征，且农村产业融合空间集聚特征更为明显。这可能是因为伴随知识、人力资本、技术及资金等要素在地区间的传播和转移，农村产业融合进程加快，提高了地区产业间的关联程度，促使地区产业之间空间分布的协同效应更加明显。而农业碳排放受到种植结构、农业生产方式以及投入要素变化影响，地区间碳排放情况可能存在明显差异，因而在空间层面表现出波动性。

该文通过局部自相关检验进一步分析个体的空间特征。由表6可知，2020年农村产业融合的莫兰散点图一、三象限的省份共有23个，而二、四象限省份共有7个，整体表现为正向空间集聚特征。同理，农业碳排放强度象限数量分布与农村产业融合一致。假说3得到验证。

表6 2020年农村产业融合和农业碳排放强度莫兰值散点分布

象限分布	农村产业融合(Merge)	农业碳排放强度(CO ₂)
第一象限	北京、天津、上海、江苏、山东、浙江、安徽	吉林、内蒙古、上海、宁夏、山西、浙江、河北、甘肃、山东、河南、安徽
第二象限	河北、河南、海南、新疆	黑龙江、辽宁、江苏、天津、陕西、青海
第三象限	吉林、黑龙江、湖北、湖南、陕西、甘肃、江西、福建、贵州、广东、广西、云南、山西、四川、内蒙古、宁夏	贵州、四川、重庆、广西、湖南、云南、广东、福建、湖北、北京、江西、海南
第四象限	辽宁、重庆、青海	新疆

4.2.2 空间面板模型检验结果分析

根据表6检验结果可知，首先，拉格朗日乘数检验(LM)中，空间误差模型(SEM)和空间滞后模型(SAR)的拉格朗日乘数检验和加强版拉格朗日乘数检验的P值均为0.000，可以选择空间杜宾模型。其次，似然比检验(LR)中，2种矩阵条件下，P值均为0.000 0，说明选择空间杜宾模型不会退化为空间误差模型和空间滞后模型。此外，通过 Hausman 检验，应选择控制时间固定效应的空间杜宾模型。

4.2.3 空间溢出效应结果分析

表7、8汇报了在邻接权重矩阵和经济权重矩阵条件下农村产业融合对农业碳排放分解效应结果。两种矩阵条件下被解释变量的滞后项 ρ 的估计系数分别0.406、0.402，且均在1%水平下显著，这说明农业碳排放存在显著正向空间溢出效应，即当地农业碳排放增加可以导致邻近地区碳排放的变化。此时需要注意，rho的估计系数显著且不为0的，根据 LeSage 等^[51]研究，此种情况下应当使用偏微分法得到解释变量的无偏估计结果，即应该进一步分解为直接效应、间接效应和总效应。其中直接效应包括解释变量对当地农业碳排放的直接影响和受到的反馈影响两个方面。间接效应则表示当地解释变量对邻近地区农业碳排放的影响(空间效应)。总效应则为直接效应与间接效应的和。

(1) 直接效应分析。首先在未考虑空间权重矩阵的情况下，模型解释变量的估计系数分别为-0.104、-0.111，而当考虑到空间影响因素后，直接效应的解释变量估计系数分别为-0.126、-0.165，这表明农村产业融合对当地农业碳排放存在显著“减碳效应”。通过对估计系数作差，可以得到反馈影响分别为-0.022、-0.054。因此，如果模型未考虑空间因素，那么直接效应将分别会被低估17%、32%。这是由于

表6 拉格朗日乘数检验(LM)、似然比检验(LR)、沃尔德检验(Wald)

检验项目	邻接权重矩阵		经济权重矩阵	
	统计值(Statistic)	P值	统计值(Statistic)	P值
拉格朗日乘数(LM)	162.546	0.000	49.172	0.000
稳健-拉格朗日乘数(Robust-LM)	15.349	0.000	39.881	0.000
拉格朗日乘数(LM)	171.405	0.000	83.050	0.000
稳健-拉格朗日乘数(Robust-LM)	24.208	0.000	73.759	0.000
似然比检验(LR-lag)	199.98	0.000 0	139.06	0.000 0
似然比检验(LR-error)	775.54	0.000 0	766.67	0.000 0
沃尔德检验(Wald-lag)	46.00	0.000 0	47.23	0.000 0
沃尔德检验(Wald-error)	93.00	0.000 0	68.21	0.000 0
豪斯曼检验(Hausman-ind)	41.24	0.000 1	23.85	0.032 6
豪斯曼检验(Hausman-time)	268.41	0.000 0	219.80	0.000 0
豪斯曼检验(Hausman-both)	218.41	0.000 0	87.42	0.000 0
杜宾(SDM)/滞后(SAR)/误差(SEM)	时间固定效应杜宾模型(SDM)		时间固定效应杜宾模型(SDM)	

忽视农村产业融合对农业碳排放的空间溢出效应将会导致农村产业融合对农业碳排放的反馈效应遗漏,即农村产业融合对周边省份的“减碳效应”,反过来又会影响当地的碳排放^[52]。由此,再次验证假说1。

(2) 间接效应分析。在两种矩阵条件下,间接效应的估计系数分别为-0.331、-0.398,且均在1%水平下显著,这说明当地农村产业融合对邻近地区农业碳排放产生了抑制作用。即当地农村产业融合水平每提高1%,对邻近地区农业碳排放分别产生-0.331%和-0.398%的抑制作用。究其原因,是由于当地农村产业融合通过发挥“示范效应”和“外溢效应”有效带动了邻近地区产业发展,继而产生了“减碳效应”。与此同时,通过对比两种空间因素的估计结果发现,二者估计值较为接近且经济权重矩阵影响下结果要优前者。这可能

是由于农村产业融合发展更容易受到地区经济发展水平影响,尤其是在数字经济发展背景下,产业间融合已逐步摆脱了区位因素约束,因而“减碳效应”更为突出。此外,基于上文理论分析和研究假说,农村产业融合可能存在“挤出效应”影响,导致邻近地区“增碳效应”,但实际结果并未得到支持,这可能是因为这种“挤出效应”在区域竞争下容易转化成“倒逼机制”,反而促进邻近地区学习和引进先进生产技术、扩大规模经营,提升农村产业融合水平,从而农业碳排放得到有效缓解;抑或是农村产业融合发展带来“示范效应”和“外溢效应”作用要明显强于“挤出效应”的缘故。

(3) 总效应分析。在两种矩阵条件下,总效应的估计系数分别为-0.457、-0.564,且在1%水平下显

表7 邻接权重矩阵下农村产业融合对农业碳排放影响的分解效应

变量名称	农业碳排放(CO ₂)			
	模型系数	直接效应	间接效应	总效应
农村产业融合(Merge)	-0.104*	-0.126**	-0.331***	-0.457***
	(0.045)	(0.045)	(0.098)	(0.100)
农业产业集聚(Gather)	-0.068***	-0.067***	0.026	-0.041
	(0.007)	(0.007)	(0.021)	(0.025)
有效灌溉面积(InIrrigate)	-0.045***	-0.037**	0.101***	0.064
	(0.011)	(0.012)	(0.027)	(0.033)
农业财政扶持(Finance)	0.491***	0.465***	-0.376	0.089
	(0.111)	(0.106)	(0.216)	(0.232)
农业机械化水平 (lnMechanization)	0.028**	0.023**	-0.057*	-0.034
	(0.009)	(0.008)	(0.025)	(0.026)
人力资本水平 (Manpower)	-0.048***	-0.056***	-0.113***	-0.169***
	(0.007)	(0.007)	(0.016)	(0.018)
常数项	0.809***			
	(0.117)			
空间相关系-rho	0.406***			
	(0.053)			
决定系数R ²	0.128			
观测值	390			

注: * $P < 0.10$ 、** $P < 0.05$ 、*** $P < 0.001$, 括号内为稳健标准误, stata16软件计算

著为负，这说明归根到底，无论考虑直接效应还是间接效应，农村产业融合对农业碳排放始终存在抑制作用。因此，假说4得到验证。

（4）控制变量分析。两种矩阵条件下，农业产业集聚程度提升、有效灌溉面积增加以及人力资本水平的提高，进一步完善农业投入要素结构，促进农业资源有效整合，降低资源损耗，因而对当地农业碳排放会产生了显著的“减碳效应”。而财政扶持力度增加和机械化水平的提高对当地存在显著“增碳效应”。这可能是由于财政扶持力度增加一定程度会产生刺激作用，农户为获得高额补贴，盲目扩大规模或过度垦殖，激化了农业资源环境约束问题，导致碳排放程度增加。此外，由于目前农业生产仍是半机械化为主体，燃油消耗形式并未改变，此种情况下，农业机械化投入的增加将带来“增碳效应”。

4.2.4 稳健性检验结果分析

学术界目前对稳健性检验的方法主要有替换变量法、缩短样本容量、分位数回归、增加控制变量等方法。由于该文解释变量和被解释变量均通过测算得到，因而选择替换变量最为合适。

（1）被解释变量替换。目前农业碳排放强度的度量方法主要分为两类，前文采用农业碳排放量与农业总产值比值作为农业排放强度的度量，另一种是以农业碳排放量与粮食播种面积作为农业碳排放强度的度量^[53]。因此该文采取此种度量方法替换原有变量进行稳健性检验。

（2）解释变量替换。该文借鉴周旺妮^[54]构建的指标，从利益联结机制完善，农业多功能性拓展，农业服务业融合发展，农业新业态培育，农业产业链延伸等角度进行重新测度，替换原有解释变量。稳健性检验结果如表9所示。

囿于篇幅限制，表9仅汇报了两种矩阵条件下，直接效应和间接效应估计结果。由结果可知，替换解释变量后被解释变量滞后项rho的估计系数分别为-0.408、-0.404，均在1%水平下显著，且估计系数较为接近，说明碳排放的空间溢出效应依旧存在。此时直接效应中解释变量的估计系数分别为-0.097、-0.113，分别在5%和1%水平下显著。而间接效应的估计系数分别为-0.204、-0.251，同样在5%和1%水平下显著。这说明农村产业融合对当地和邻近地区的“减碳效应”比较明显，假说1和假说3得到验证。同理，在替换被解释变量后，直接效应估计系数分别为-0.126、-0.331，分别在5%和1%水平下显著；间接效应的估计系数分别为-0.331、-0.398，均在1%水平下显著，再次验证了农村产业融合的“减碳效应”。综上可以说明，模型估计结果是稳健的。

5 研究结论及政策启示

5.1 研究结论

随着气候变化对社会和经济发展带来的严峻挑战，推动全球温室气体减排已然成为全球面临的共同

表 8 经济权重矩阵下农村产业融合对农业碳排放影响的分解效应

变量名称	农业碳排放(CO ₂)			
	模型系数	直接效应	间接效应	总效应
农村产业融合(Merge)	-0.111** (0.043)	-0.165*** (0.042)	-0.398*** (0.067)	-0.564*** (0.078)
农业产业集聚(Gather)	-0.060*** (0.007)	-0.055*** (0.007)	0.037** (0.012)	-0.017 (0.017)
有效灌溉面积(InIrrigate)	-0.076*** (0.011)	-0.067*** (0.012)	0.055** (0.021)	-0.011 (0.028)
农业财政扶持(Finance)	0.311** (0.100)	0.304** (0.096)	-0.052 (0.151)	0.252 (0.182)
农业机械化水平(lnMechanization)	0.036*** (0.009)	0.026** (0.008)	-0.064*** (0.014)	-0.037* (0.018)
人力资本水平(Manpower)	-0.036*** (0.006)	-0.050*** (0.006)	-0.103*** (0.011)	-0.153*** (0.013)
常数项	1.110*** (0.141)			
空间系数-rho	0.402*** (0.038)			
决定系数R ²	0.074			
观测值	390			

注：* $P < 0.10$ 、** $P < 0.05$ 、*** $P < 0.001$ ，括号内为稳健标准误，stata16软件计算

表 9 稳健性检验

变量名称	邻接权重矩阵		经济权重矩阵		邻接权重矩阵		经济权重矩阵	
	农业碳排放(CO ₂)		农业碳排放(CO ₂)		农业碳排放(CO)		农业碳排放(CO)	
	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应	直接效应	间接效应
农村产业融合(Merge1)	-0.097**	-0.204**	-0.113***	-0.251***				
	(0.032)	(0.064)	(0.029)	(0.044)				
农村产业融合(Merge)					-0.126**	-0.331***	-0.165***	-0.398***
					(0.045)	(0.098)	(0.042)	(0.067)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定效应	否	否	否	否	否	否	否	否
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
空间系数-rho	0.408***		0.404***		0.406***		0.402***	
	(0.053)		(0.038)		(0.053)		(0.038)	
决定系数R ²	0.128		0.077		0.128		0.074	
观测值	390		390		390		390	

注：**P* < 0.10、***P* < 0.05、****P* < 0.001，括号内为稳健标准误，Merge1 替换的解释变量，CO 为替换的被解释变量，stata16 软件计算

责任。该文基于 2008—2020 年省级面板数据，通过熵值法和因子测度公式测算了农村产业融合和农业碳排放的水平。借助中介效应模型和空间杜宾模型研究分析了农村产业融合对农业碳排放影响的机制路径及空间溢出效应。研究结论如下。

（1）农村产业融合对农业碳排放存在显著的“减碳效应”。

（2）基于投入要素视角，农村劳动力外流、土地规模化经营和农业科技进步发挥了中介效应。即农村产业融合可以显著促进农村劳动力外流、推动土地规模化经营水平和提高农业科技进步水平间接实现“减碳效应”。

（3）农村产业融合和农业碳排放存在显著空间集聚和溢出特征。

（4）农村产业融合不仅对该区农业碳排放存在“减碳效应”，而且可以通过空间溢出效应，对邻近地区的农业碳排放产生抑制作用。

5.2 政策启示

基于上述研究结论可以得到如下政策启示。

（1）充分肯定农村产业融合对农业碳排放的重要作用，发挥政策的引导作用，规划农村地区产业融合的发展方向，延伸和拓展农业产业链，重塑农业供应链体系，营造农村产业融合发展的良好环境。

（2）农村产业融合发展带来劳动力转移，有效抑制了农业碳排放，但同时需注意防范农村劳动力过度转移带来“空巢”等结构性问题，应通过鼓励支持合作社、龙头企业等新型农业经营主体发展，推进“新农人”“现代农民”的建设，补充高素质劳动力资源充实到农业生产中，为农业可持续发展提供新动能。

（3）在推进农村产业融合发展政策中需要关注土地规模化经营对碳减排的作用。积极引导农民进行土地产权流转，进一步释放农业生产力，提高农业的生产效率。通过规模化生产，有效减少农业生产的中间消耗，从而降低农业碳排放。

（4）通过产业融合推动农业科技创新的产业跨界渗透和交叉重组,从生产环节技术创新转向种养加销、资源环境等全过程全要素全链条技术创新耦合,打造全方位全链条的科技支撑农业绿色低碳发展运行模式。

（5）由于农村产业融合对邻近地区农业碳排放存在影响，需重视农村产业融合对农业碳排放的空间影响，充分引导省际农业生产要素的互动，构建地区农业碳减排交流机制。

参考文献

- [1] 赵敏娟. 兼顾农业现代化和低碳发展有多难. 经济日报, 2021-11-03(11).
- [2] 赵霞, 韩一军, 姜楠. 农村三产融合: 内涵界定、现实意义及驱动因素分析. 农业经济问题, 2017, 38(4): 49-57.
- [3] 黎新伍, 徐书彬. 农村产业融合: 水平测度与空间分布格局. 中国农业资源与区划, 2021, 42(12): 60-74.
- [4] 张林, 曹星梅, 温涛. 中国农村产业融合发展的区域差异与空间收敛性研究. 统计与信息论坛, 2023, 38(4): 71-87.
- [5] 齐文浩, 李佳俊, 曹建民, 等. 农村产业融合提高农户收入的机理与路径研究——基于农村异质性的新视角. 农业技术经济, 2021(8): 105-118.
- [6] 李乾, 芦千文, 王玉斌. 农村一二三产业融合发展与农民增收的互动机制研究. 经济体制改革, 2018(4): 96-101.
- [7] 郭军, 张效榕, 孔祥智. 农村一二三产业融合与农民增收——基于河南省农村一二三产业融合案例. 农业经济问题, 2019(3): 135-144.
- [8] 陈湘满, 喻科. 农村产业融合对农村居民收入的影响——基于空间杜宾模型实证分析. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2022, 46(2): 66-73.
- [9] 李晓龙, 冉光和. 农村产业融合发展如何影响城乡收入差距——基于农村经济增长与城镇化的双重视角. 农业技术经济, 2019(8): 17-28.
- [10] 涂圣伟. 产业融合促进农民共同富裕: 作用机理与政策选择. 南京农业大学学报(社会科学版), 2022, 22(1): 23-31.
- [11] 朱再清, 张莫幸子. 农村产业融合发展对新型城镇化的影响——基于省际面板数据. 调研世界, 2022(1): 21-28.
- [12] 罗明忠, 魏滨辉. 农村产业融合的环境效应分析. 农村经济, 2022(12): 57-66.
- [13] 胡永浩, 张昆扬, 胡南燕, 等. 中国农业碳排放测算研究综述. 中国生态农业学报, 2023, 31(2): 163-176.
- [14] 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. 资源科学, 2023, 45(1): 48-61.
- [15] 伍国勇, 刘金丹, 杨丽莎. 中国农业碳排放强度动态演进及碳补偿潜力. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 69-78.
- [16] 田云, 尹恣昊. 中国农业碳排放再测算: 基本现状、动态演进及空间溢出效应. 中国农村经济, 2022, 447(3): 104-127.
- [17] 赵敏娟, 石锐, 姚柳杨. 中国农业碳中和目标分析与实现路径. 农业经济问题, 2022, 513(9): 24-34.
- [18] 陈银娥, 陈薇. 农业机械化、产业升级与农业碳排放关系研究——基于动态面板数据模型的经验分析. 农业技术经济, 2018, 277(5): 122-133.
- [19] 徐清华, 张广胜. 农业机械化对农业碳排放强度影响的空间溢出效应——基于282个城市面板数据的实证. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(4): 23-33.
- [20] 何艳秋, 王鸿春, 刘云强. 产业集聚视角下农业碳排放的空间效应. 资源科学, 2022, 44(12): 2428-2439.
- [21] 杨秀玉, 乔翠霞. 农业产业集聚对农业碳生产率的空间溢出效应——基于财政分权的调节作用. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(2): 92-101.
- [22] 徐湘博, 李畅, 郭建兵, 等. 土地转入规模、土地经营规模与全生命周期作物种植碳排放——基于中国农村发展调查的证据. 中国农村经济, 2022, 455(11): 40-58.
- [23] 魏梦升, 颜廷武, 罗斯炫. 规模经营与技术进步对农业绿色低碳发展的影响——基于设立粮食主产区的准自然实验. 中国农村经济, 2023, 458(2): 41-65.
- [24] 吉雪强, 刘慧敏, 张跃松. 中国农地流转对农业碳排放强度的影响及作用机制研究. 中国土地科学, 2023, 37(2): 51-61.
- [25] 陈宇斌, 王森, 陆杉. 农产品贸易对农业碳排放的影响——兼议数字乡村发展的门槛效应. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022, 162(6): 45-57.
- [26] 胡川, 韦院英, 胡威. 农业政策、技术创新与农业碳排放的关系研究. 农业经济问题, 2018, 465(9): 66-75.
- [27] 何艳秋, 成雪莹, 王芳. 技术扩散视角下农业碳排放区域溢出效应研究. 农业技术经济, 2022, 324(4): 132-144.
- [28] 苏培添, 王磊. 数字普惠金融对中国农业碳排放强度影响的空间效应与机制. 资源科学, 2023, 45(3): 593-608.
- [29] 江泽林. 农村一二三产业融合发展再探索. 农业经济问题, 2021(6): 8-18.
- [30] 李乾, 芦千文, 王玉斌. 农村一二三产业融合发展与农民增收的互动机制研究. 经济体制改革, 2018(4): 96-101.
- [31] 叶锋, 马敬桂, 胡琴. 产业融合发展对农业全要素生产率影响的实证. 统计与决策, 2020, 36(10): 87-91.
- [32] 陈宇斌, 王森. 农村劳动力外流、农业规模经营与农业碳排放. 经济与管理, 2022, 36(6): 43-49.
- [33] 蔡洁, 刘斐, 夏显力. 农村产业融合、非农就业与农户增收——基于六盘山的微观实证. 干旱区资源与环境, 2020, 34(2): 73-79.
- [34] 侯孟阳, 姚顺波. 中国农村劳动力转移对农业生态效率影响的空间溢出效应与门槛特征. 资源科学, 2018, 40(12): 2475-2486.
- [35] 李眉洁, 王兴骥. 乡村振兴背景下农旅融合发展模式及其路径优化——对农村产业融合发展的反思. 贵州社会科学, 2022(3): 153-159.
- [36] 刘琼, 肖海峰. 农地经营规模影响农业碳排放的逻辑何在? ——要素投入的中介作用和文化素质的调节作用. 农村经济, 2020, 451(5): 10-17.
- [37] 盖庆恩, 程名望, 朱喜, 等. 土地流转能够影响农地资源配置效率吗? ——来自农村固定观察点的证据. 经济学(季刊), 2020, 20(5): 321-340.

- [38] 张颌心,王辉,徐如浓.科技进步、绿色全要素生产率与农业碳排放关系分析——基于泛长三角26个城市面板数据.科技管理研究,2021,41(2):211-218.
- [39] Anselin L. Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical analysis*, 1988, 20(1): 1-17.
- [40] 谭燕芝,姚海琼.农村产业融合发展的农户增收效应研究.上海经济研究,2021(9):91-102.
- [41] 李宇,杨敬.创新型农业产业价值链整合模式研究——产业融合视角的案例分析.中国软科学,2017(3):27-36.
- [42] 颜光耀,陈卫洪,钱海慧.农业技术效率对农业碳排放的影响——基于空间溢出效应与门槛效应分析.中国生态农业学报(中英文),2023,31(2):226-240.
- [43] 李波,张俊飏,李海鹏.中国农业碳排放时空特征及影响因素分解.中国人口·资源与环境,2011,21(8):80-86.
- [44] 闵继胜,胡浩.中国农业生产温室气体排放量的测算.中国人口·资源与环境,2012,22(7):21-27.
- [45] 张林,温涛.数字普惠金融如何影响农村产业融合发展.中国农村经济,2022(7):59-80.
- [46] 陶群山,胡浩.环境规制和农业科技进步的关系分析——基于波特假说的研究.中国人口·资源与环境,2011,21(12):52-57.
- [47] 江艳军,黄英.民间投资、农业科技进步与农业产业结构升级——基于“一带一路”沿线省域的实证研究.科技管理研究,2019,39(17):123-130.
- [48] 温忠麟,张雷,侯杰泰,等.中介效应检验程序及其应用.心理学报,2004,36(5):614-620.
- [49] 傅琳琳,黄祖辉,朋文欢.农村产业融合经营主体“互利共生”的机理与推进路径.南京农业大学学报(社会科学版),2022,22(6):69-77.
- [50] 温忠麟,叶宝娟.中介效应分析:方法和模型发展.心理科学进展,2014,22(5):731-74.
- [51] Lesage J, Pace R K. *Introduction to spatial econometrics*. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- [52] Elhorst J P. *Applied spatial econometrics: Raising the bar*. *Spatial Economic Analysis*, 2010, 5(1): 9-28.
- [53] 田红宇,关洪浪.数字经济对粮食生产碳排放的影响研究——来自长江经济带108个地级市的经验证据.中国农业资源与区划,2023,44(8):145-157.
- [54] 周旺妮,张榆琴,李学坤.农村产业融合对农民收入的空间效应分析.统计与决策,2022,38(19):61-64.

EFFECTS OF RURAL INDUSTRIAL CONVERGENCE ON AGRICULTURAL CARBON EMISSIONS: MECHANISM PATH AND SPATIAL SPILLOVER EFFECT ANALYSIS*

Li Kuan¹, Shi Lei^{2*}

(1. School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China;

2. Management College, Ocean University of China, Qingdao 266000, Shandong, China)

Abstract Cracking the problem of agricultural carbon emissions is a key measure to comprehensively promote the green transformation of agricultural development. Exploring the impact of rural industry integration on agricultural carbon emissions is helpful to expand new ways to promote the sustainable development of agriculture. Based on the provincial panel data from 2008 to 2020, this paper empirically tested the mechanism path and spatial impact of rural industry integration on agricultural carbon emissions by constructing the intermediary effect model and the spatial Durbin model. The results were listed as follows. (1) Rural industrial integration had a significant "carbon reduction effect" on agricultural carbon emissions. (2) From the perspective of input factors, rural labor outflow, land scale management and agricultural science and technology progress played an intermediary role, that was, rural industrial integration could indirectly achieve "carbon reduction effect" by optimizing the labor, land, technology and other factors. (3) Both rural industrial integration and agricultural carbon emissions had significant spatial agglomeration characteristics and positive spatial spillover effect. (4) Under the spatial influence relationship, rural industrial integration had a significant "carbon reduction effect" on agriculture in neighboring areas through the spatial spillover effect. Based on this, we should fully affirm the role of rural industry integration, continue to give full play to the guarantee role of policies, funds and technologies, deepen the process of rural industry integration, and promote the high-quality development of low-carbon agriculture.

Keywords rural industry integration; agricultural carbon emissions; mediation effect model; spatial Dubin mode; spatial spillover effect

·书评·

智慧农业和乡村旅游融合发展策略

随着互联网、物联网、大数据等高新技术的迅猛发展,智慧农业与乡村旅游产业之间的融合日益加深,其共同构成推动乡村产业转型升级的重要力量,为解决“三农”问题提供了新的路径。在此背景下,中国农业出版社于2023年7月隆重推出《乡村振兴系列丛书:图解推进农业农村现代化·建设农业强国》。该书以《“十四五”推进农业农村现代化规划》为蓝本,其通过精心的图解设计,将规划中复杂抽象的文字内容转化为直观易懂的图形和图片,极大地增强了内容的可读性和延展性。值得一提的是,该书不仅深入剖析了智慧农业与乡村旅游之间的内在联系,还从多个维度和视角探讨了二者融合发展的可行性和必要性。其不仅为相关领域的理论研究提供了有力的支撑,也为实践工作提供了宝贵的参考和借鉴。

结合本书内容,该文认为应从以下几个方面推动智慧农业和乡村旅游融合发展。

一是要推进资源整合,实现资源共享。各地要积极构建智慧农业与乡村旅游的公共服务平台,将农业科技成果、农业生产信息、旅游产品信息等各类有效资源集中展示,为各方提供便捷查询和使用服务。同时,还要努力打破数据壁垒,推动智慧农业系统与旅游管理系统之间的数据互联互通,以加速两大领域的深度融合。以湖北省潜江市渔洋镇拖船埠村为例,当地政府充分利用5G、云计算、人工智能等先进技术手段,成功搭建了拖船埠美丽乡村智慧管理平台。该平台不仅为景区工作人员提供了线上云广播等便捷功能,使其能够实时发布景区游览信息,还为村民提供了气象状况、农产品供需等农业相关信息的实时获取服务。其有力推动了当地智慧农业与乡村旅游的融合发展,为乡村振兴注入了新的活力。

二是要推动技术创新,拓宽应用空间。各地要通过引入新技术、新设备、新理念,持续提升农业和乡村旅游业的智能化、便捷化和个性化水平。要发挥地方政府的关键作用,鼓励企业、高校、科研机构加大在智慧农业和乡村旅游融合发展领域的研发投入,推动关键技术突破和创新成果转化。同时,引导乡村及相关行业企业开发具有独特魅力的农业旅游产品,不断提升旅游服务

的品质,以满足游客的多元化需求。以湖北省咸宁市寻味儿时农场为例,该农场巧妙将内部划分为采摘观赏区、餐饮休闲区、娱乐垂钓区等多个特色区域,为游客提供了丰富多彩的观光体验。在技术创新方面,农场的温室大棚采用了先进的无土栽培和物联网全智能化管控系统。这一系统能够根据农作物对水分和养分的需求,实时调配营养液,实现智能水肥一体化灌溉。这不仅确保了果实的绿色无污染,还让游客在享受采摘乐趣的同时,也能吃得安心、放心。其将智慧农业与乡村旅游完美融合的模式,既提升了农业科技含量,又丰富了旅游内涵和品质。

三是强化品牌建设,提高发展潜力。各地要根据当地智慧农业与乡村旅游的特点,明确品牌的定位和目标受众,打造独特的品牌形象。要注重提升旅游产品品质和服务水平,确保游客能获得优质、满意的旅游体验,为品牌建设奠定坚实基础。要灵活运用各种网络平台进行品牌宣传,以提高品牌的知名度和影响力。以湖北省宜昌市夷陵区官庄村为例,当地立足地域优势,将传统的柑桔产业延伸发展为集民俗体验、研学旅游、乡村旅游于一体的特色产业。为提升农业品牌的影响力,当地还建有柑橘博物馆、柑橘文化广场、研学基地等文化设施,并搭建柑橘文化数字平台,以便游客深入了解当地柑橘文化。其成功打响了当地柑橘的品牌知名度,促进了当地旅游业的繁荣。

乡村旅游作为农村经济的重要支柱,其与智慧农业之间的融合趋势日益明显。各地要高度重视智慧农业和乡村旅游二者的融合发展,并从多元化的层面出发,不断提升融合发展的水平,从而加快三产融合进程,促进乡村产业结构的转型升级,为乡村振兴注入更为强劲的动力。《乡村振兴系列丛书:图解推进农业农村现代化·建设农业强国》一书以思维导图的形式对《“十四五”推进农业农村现代化规划》中关于智慧农业和乡村旅游融合发展的内容进行了全面立体式的解读,适合相关行业人员研读。

基金项目: 汉江师范学院校级科研项目(2023B22)

文/杨蓓蓓(汉江师范学院,讲师)