社会科学与教育 2026年第10期
ISSN: 3079-4420

绿色金融对农业碳排放强度的影响及机制研究

蔡洋萍，谭驿
湖南农业大学经济学院，湖南长沙，中国

【摘要】：在全球气候治理持续推进、碳中和战略稳步落地的大背景下，农业领域碳排放早已成为国际社会关注的焦点议题。本文选取 2015-2024 年长江流域 110 个地级市的平衡面板数据作为研究样本，采用双向固定效应面板模型与 Bootstrap 抽样中介效应模型，就绿色金融对农业碳排放强度的实际作用效果与内在传导路径展开实证检验。研究发现：第一，绿色金融发展对农业碳排放强度存在显著抑制作用，在其他变量保持不变的前提下，绿色金融发展水平每提升 1%，农业碳排放强度平均下降 0.021%；第二，中介效应检验结果显示，农业集约化发展在绿色金融影响农业碳排放的过程中起到完全中介作用——绿色金融通过缓解农业生产面临的融资约束，推动农业适度规模经营，一方面实现化肥、农药等生产要素的精准投放、减少无效投入浪费，另一方面带动测土配方施肥、病虫害绿色防控等低碳生产技术的普及应用，最终提升单位农业产出的生产效率，达成农业经济增长与碳减排的双赢；第三，异质性检验结果表明，绿色金融的减排效果存在明显群体差异：从地理区位来看，下游地区的减排效果最为显著；从农业发展水平来看，农业基础较弱的地区减排效果更突出；从粮食功能区划分来看，粮食主产区呈现边际显著的减排特征，主销区与产销平衡区的减排效果则不显著。本文基于实证结果提炼研究结论，为差异化制定绿色金融支农政策、统筹粮食安全与农业碳减排双重目标提供经验证据，也为推进农业领域碳中和目标提供决策参考。

【关键词】：绿色金融；农业碳排放强度；中介效应；异质性；长江流域

【基金项目】：本文系湖南省社科基金基地项目“县城城镇化视域下数字普惠金融驱动农民生计转型能力提升的机制与路径研究”阶段性研究成果。

1. 引言

全球气候变暖是全人类共同面对的重大生存与发展课题。早在 2020 年，我国就正式明确了“二氧化碳排放力争 2030 年前达到峰值、努力争取 2060 年前实现碳中和”的战略部署，全方位推进经济社会绿色转型。农业作为国民经济的基础性产业，是温室气体的重要排放来源，现有测算数据表明我国农业碳排放约占全国总排放量的 15%，是仅次于能源活动的第二大温室气体排放来源，农业领域减碳是落地“双碳”目标的关键环节。2023 年召开的中央金融工作会议，已将绿色金融纳入金融强国建设“五篇大文章”的重点布局，2024 年中央一号文件明确提出“发展绿色金融，支持农业绿色低碳发展”，《关于全面推进美丽中国建设的意见》也进一步提出引导社会资本加大绿色农业投入，探索区域性农业环保项目的金融支持模式。在这一背景下，准确评估绿色金融对农业碳排放的影响效果，厘清其内在作用机制，对差异化制定绿色金融支农政策、推动农业发展方式绿色转型具备重要的理论价值与现实意义。

长江流域作为我国重要的农业生产带，覆盖 11 个省市，粮食产量占全国的 40%以上，是保障国家粮食安全的核心区域；同时，长江流域也是我国绿色金融改革创新的先行区，拥有浙江、江西、湖北、重庆、四川等多个国家级绿色金融改革创新试验区，绿色金融产品和服务创新走在全国前列，为研究绿色金融与农业碳排放的关系提供了良好的准自然实验样本。现有关于绿色金融碳减排效应的研究多围绕工业与城市层面展开，针对农业领域的研究相对偏少，且多数研究停留在省级层面，缺少地级市层面的微观证据，对绿色金融影响农业碳排放的内在机制识别仍不够充分，异质性分析的维度也较为单一。

本文的边际贡献主要有三点：第一，在研究视角上，现有文献多采用省级数据，难以捕捉到城市间的政策效果异质性，而地级市数据更能反映政策落地的真实差异。本文聚焦长江流域地级市层面，使用 110 个城市 10 年的平衡面板数据展开研究，为绿色金融的农业减排效应提供更微观、更精准的经验证据；第二，在机制识别上，本文运用 Bootstrap 法开展中

介效应检验，识别出农业经济发展这一核心传导路径，揭示了长江流域绿色金融兼顾农业经济发展与碳减排的内在逻辑；第三，在研究内容上，本文从地理区位、农业发展水平、粮食功能定位三个维度展开异质性分析，明确了绿色金融减排效应的适用条件与边界，为差异化制定绿色金融支农政策提供实证依据。

2. 文献综述与理论机制

2.1 文献综述

当前学术界围绕绿色金融与碳排放的关联已形成较为丰富的研究成果。早期相关研究多以工业部门和宏观区域为研究对象，多数结论证实绿色金融能够发挥资金引导、技术激励和产业结构优化作用，对碳排放产生显著抑制效果。王馨等[1]（2021）借助双重差分法检验发现，绿色信贷政策能够显著减少重污染行业的碳排放规模；苏冬蔚等[2]（2022）的研究证实，绿色金融试点政策能够通过鼓励技术创新，有效拉低城市层面的碳排放强度；刘松岐[3]等（2022）基于省级面板数据的检验结果显示，绿色信贷发展对农业碳排放强度存在明显的负向作用。李慧琳[4]（2025）的研究表明，环境规制在绿色信贷影响农业碳排放的过程中存在正向调节效应；姬新龙等[5]（2025）提出，绿色金融主要通过调整农业种植结构、推动农业绿色技术进步两个渠道降低碳排放强度；王书玉[6]（2025）则认为，绿色金融能够通过种植结构优化和技术进步两条路径带动农业碳减排；孙定海[7]（2025）发现绿色金融的农业减排效果存在明显区域差异，仅东部地区通过显著性检验，中西部地区效果并不明显。孔凡斌等[8]（2025）基于长三角 41 个设区市的研究，发现绿色金融能够显著促进农业减污降碳协同增效，且在非粮食主产区和低经济发展水平地区效果更突出；Zhou 等[9]（2025）基于省级面板数据发现绿色金融可通过提升农业技术效率带动农业碳减排，且存在空间溢出效应。

现有研究虽已形成一定基础，但仍存在三处可进一步完善的方向：第一，在研究尺度上，现有文献多以省级面板为样本，地级市层面的微观证据相对不足，而绿色金融政策落地、农业生产经营均以地级市为基本单元，省级层面数据难以反映不同城市间的政策效果异质性；第二，在机制识别上，现有文献提出的技术进步、产业结构升级等传导路径，在农业领域的实证结果常与理论预期存在偏差，针对农业经济发展这一核心传导路径的检验仍不充分，部分研究甚至出现遮掩效应等争议结果；第三，在异质性分析上，多数研究仅简单划分东中西部区域进行检验，分析维度较为单一，较少结合农业生产特征、粮食功能定位等农业专属视角展开异质性分析。本文针对上述不足，以长江流域地级市数据为样本展开深入检验。

2.2 理论机制与研究假设

绿色金融属于市场化环境规制工具，和传统命令型环境规制存在明显区别，其主要通过资金配置机制影响农业经营主体的生产决策，进而作用于农业碳排放。

首先是绿色金融对农业碳排放的直接抑制作用。绿色金融借助差异化的金融政策安排，从激励和约束两个维度作用于农业生产排放：在激励端，绿色金融为生态循环农业、精准农业等低碳农业项目提供低息信贷、绿色债券、农业绿色保险等多元化金融支持，压低低碳项目的融资成本，引导信贷资源向测土配方施肥、病虫害绿色防控、秸秆还田、节水灌溉等低碳农业技术倾斜，进而降低化肥、农药、农膜等高碳生产要素的投入强度；在约束端，绿色金融通过抬升高碳农业项目的融资门槛与资金成本，约束高污染、高排放农业生产模式的无序扩张，推动农业经营主体主动放弃粗放型生产方式，从源头直接压低农业碳排放强度。基于此，本文提出研究假设 H1：绿色金融发展显著抑制农业碳排放强度。

其次是农业经济发展的中介效应。除直接作用外，绿色金融还能够通过推动农业经济发展间接影响农业碳排放强度。需要说明的是，本文所指的农业经济发展并非单纯依靠增加化肥农药投入实现的总量扩张，而是生产效率提升驱动的集约式发展，这也是其能够降低碳排放的核心逻辑——本文被解释变量为单位农业产值对应的碳排放强度，而非农业碳排放总量。随着生产效率提升，单位产出的碳排放会下降，进而降低了农业碳排放强度。长期以来，融资约束是制约我国农业转型的普遍瓶颈。普通农户、家庭农场、农民合作社等新型经营主体普遍缺少合格抵押品，面临较为突出的信贷配给问题，既难以扩大经营规模实现适度规模经营，也缺少额外资金采纳绿色生产技术，长期依靠过量投入化肥、农药维持产量，推高了农业碳排放强度。绿色金融通过创新涉农抵押担保模式、开发专属绿色信贷和农业绿色保险产品，能够有效缓解农业生产的资金约束，为经营主体提供稳定的中长期资金支持，推动农业从分散的小农户经营向适度规模经营转

型，加快农业现代化进程。农业经营效率提升主要通过两个渠道降低碳排放强度：一是提高要素利用效率，规模经营能够改善小农户粗放投入问题，实现化肥、农药、农用柴油等生产要素的精准投放，在保障产量稳定的前提下降低单位产出的高碳要素消耗；二是推动低碳技术落地，农业规模经营通过利用测土配方施肥、病虫害绿色防控、秸秆还田、节水灌溉等成本边际效应强的绿色技术，从源头减少碳排放。当要素利用效率提升、技术进步带来的减排幅度，超过经营规模扩大带来的排放增量时，单位农业产值对应的碳排放强度就会出现显著下降。基于此，本文提出研究假设 H2：农业经济发展在绿色金融影响农业碳排放强度的过程中发挥中介作用。

最后是异质性效应。由于不同城市在地理区位、资源禀赋、经济发展阶段、农业生产特征、功能定位等方面存在明显差异，绿色金融对农业碳排放的影响并非同质，而是存在显著异质性。从地理区位看，下游地区经济发达，绿色金融体系完善，农业现代化水平高，新型农业经营主体发育成熟，绿色金融资源能够更有效地转化为农业减排能力；而中上游地区绿色金融发展相对滞后，农业以小农户分散经营为主，绿色金融的触达能力不足，减排效应可能不明显。从农业发展水平看，农业占比较低的地区没有强烈的粮食增产压力，绿色金融更多支持农业绿色转型；而农业大市以保障粮食安全为首要目标，绿色金融资源更多用于支持农业增产，化肥、农药等增产性投入带来的碳排放可能抵消减排效应。基于此，本文提出研究假设 H3：绿色金融对农业碳排放的影响存在显著异质性。

3. 研究设计

3.1 样本选择与数据来源

本文选择 2015-2024 年长江流域 110 个地级市作为研究样本，范围覆盖上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州、云南共 11 个省级行政区。绿色金融指数数据来源于《中国城市绿色金融发展报告》，选取绿色信贷、绿色证券、绿色投资、绿色保险、碳金融五类细分指标，通过熵值法测算得到；农业碳排放数据参考李波等[10]（2011）的经典方法，选取化肥、农药、农膜、柴油、翻耕、灌溉六类碳源，采用 IPCC 碳排放系数法核算农业碳排放总量。相关社会经济数据主要来源于《中国城市统计年鉴》《中国农村统计年鉴》以及各省市统计年鉴。为剔除极端值对回归结果的干扰，本文对所有连续变量在 1%和 99%分位进行缩尾处理。

3.2 变量定义

1. 被解释变量：农业碳排放强度（ln_carbon）。使用单位农业产值对应的碳排放量（吨 CO_2e/万元）衡量，即农业碳排放总量与第一产业增加值的比值，为缓解异方差问题取自然对数。

2. 核心解释变量：绿色金融发展水平（ln_gf）。参考胡文涛等[11]（2023）的研究思路，本文采用熵值法客观赋权测算绿色金融指数，其中绿色信贷权重约 35%、绿色投资权重约 28%、绿色保险权重约 20%，绿色证券与碳金融权重合计约 17%，不存在单一维度权重过高主导指数结果的问题，取自然对数处理，测算结果具备稳健性。

3. 中介变量：农业经济发展水平（*Agri_Econ*）。采用人均第一产业增加值衡量，反映农业经济发展水平和规模化经营程度，该指标能够综合反映农业发展的规模和效率。

4.控制变量。参考现有文献，选取经济发展水平（*ln_PGDP*）、城镇化水平（*Urban*）、农业种植结构（*Structure*）、环境规制强度（*Env_Reg*）、农业发展水平（*ln_Agri_Dev*）作为可能影响农业碳排放的控制变量。所有变量及其符号和定义见表 1。

3.3 模型设定

1. 为准确识别绿色金融对农业碳排放强度的净影响，本文采用双向固定效应面板模型进行实证检验，具体设定如下：

$$ln_carbon_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ln_gf_{it} + \sum \beta_k Controls_{kit} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，i 代表城市个体，t 代表年份，ln_carbon_{it} 为农业碳排放强度，ln_gf_{it} 为绿色金融发展水平，$Controls_{kit}$ 为一系列控制变量，μ_i 为城市固定效应，γ_t 为年份固定效应，ε_{it} 为随机扰动项。

2. 中介效应模型。为检验农业经济发展的中介作用，本文参考温忠麟等[12]（2004）经典三步法构建中介效应模型，并通过重复抽样 500 次的 Bootstrap 法检验中介效应的统计显著性。具体模型如下：

$$agri_econ_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ln_gf_{it} + \sum \beta_k Controls_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$ln_carbon_{it} = \alpha_0 + \alpha_1' ln_gf_{it} + \alpha_2 agri_econ_{it} + \sum \beta_k Controls_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

表 1.变量的选取与说明

类型	变量	符号	定义
被解释变量	农业碳排放水平	*ln_Carbon*	根据核算的碳排放总量
核心解释变量	绿色金融指数	*ln_GF*	熵值法合成后取自然对数
	绿色信贷指数	*GreenCredit*	绿色信贷分项指数
	绿色债券指数	*GreenBond*	绿色债券分项指数
	绿色投资指数	*GreenInvest*	绿色投资分项指数
	绿色保险指数	*GreenInsurance*	绿色保险分项指数
	碳金融	*CarbonFinance*	碳金融分项指数
中介变量	农业经济发展水平	*Agri_Econ*	人均第一产业增加值（亿元）
控制变量	经济发展水平	*ln_PGDP*	人均实际 GDP 取自然对数
	城镇化水平	*Urban*	城镇人口/总人口（%）
	农业种植结构	*Structure*	粮食播种面积/农作物播种面积（%）
	环境规制强度	*Env_Reg*	环境治理财政支出/GDP 比重（%）
	农业发展水平	*ln_Agri_Dev*	第一产业增加值取自然对数

4. 实证结果与分析

4.1 描述性统计

表 2 列示了主要变量的描述性统计结果。农业碳排放强度（ln_carbon）均值为 6.42，标准差为 0.40，最小值 5.37，最大值 7.48，说明长江流域不同城市间农业碳排放强度存在一定差异，但整体分布较为均衡，不存在极端异常值。绿色金融指数（*ln_gf*）的均值为-1.75，标准差为 0.48，最小值为-3.36，最大值为-0.67，说明长江流域绿色金融发展水平整体偏低，且城市间差异较为明显，下游城市绿色金融发展水平显著高于中上游城市，这与我国区域金融发展的梯度差异特征一致。控制变量方面，人均 GDP（*ln_pgdp*）均值为 10.87，标准差为 0.63；城镇化率（*urban*）均值为 0.58，标准差为 0.14；农业种植结构（*structure*）均值为 0.59，标准差为 0.13；环境规制强度（*env_reg*）均值为 0.98，标准差为 0.26；农业发展规模（*ln_agri_dev*）均值为 5.38，标准差为 0.61。所有变量取值均在合理区间内，满足回归分析的前提要求。

表 2.主要变量描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
ln_carbon	1100	6.42	0.4	5.37	7.48
ln_gf	1100	-1.75	0.48	-3.36	-0.67
agri_econ	1100	8.76	0.62	7.21	10.35
ln_pgdp	1100	10.87	0.63	9.52	12.38
urban	1100	0.58	0.14	0.32	0.89
structure	1100	0.59	0.13	0.28	0.85
env_reg	1100	0.98	0.26	0.42	1.76
ln_agri_dev	1100	5.38	0.61	3.87	6.89

4.2 基准回归结果

回归分析前，本文首先通过 Hausman 检验选择合适的面板模型，Hausman 检验卡方值为 34089.31，在 1%统计水平上显著拒绝随机效应原假设，因此最终选择双向固定效应面板模型进行估计。同时多重共线性检验结果显示，所有变量的方差膨胀因子（VIF）最大值为 2.98，远低于 10 的常用临界值，说明变量间不存在严重多重共线性问题，模型设定合理。

表 3 列示了基准回归结果，本文采用逐步加入控制变量的方法检验结果稳健性。第(1)列仅加入核心解释变量和双向固定效应，绿色金融回归系数估计值为-0.0402，在 5%显著性水平下负向统计显著；第(2)-(5)列依次加入人均 GDP、城镇化率、种植结构、环境规制变量，绿色金融系数始终在 5%水平上显著为负，系数大小稳定在-0.036 至-0.037 之间，表现出较强的稳定性；第(6)列加入全部控制变量后，绿色金融回归系数估计值为-0.0213，在 5%显著性水平下负向统计显著。逐步回归结果证实，绿色金融对农业碳排放强度存在显著抑制作用，研究假设 H1 得到验证。具体来看，在其他条件不变的情况下，绿色金融发展水平每提升 1%，农业碳排放强度平均下降 0.021%。这

一结果的经济含义为，绿色金融通过多元金融工具有效引导资金流向绿色农业领域，推动农业生产方式绿色转型，进而降低农业碳排放强度。

需要说明的是，绿色金融的减排弹性约为0.021%，系数绝对值偏小，这说明绿色金融对农业碳排放的抑制作用具备长期性与渐进性特征，并非短期就能立竿见影，农业绿色转型是一个持续过程，需要长期稳定的金融支持。

从控制变量的估计结果来看，农业发展规模（*ln_agri_dev*）系数为-0.486，1%显著性水平下，系数为负。农业发展水平提升，会推动农业碳排放强度下降，这与规模化经营带来的生产效率提升密切相关；其他控制变量系数符号符合预期，但未通过显著性检验，表明其对农业碳排放的影响在本样本中尚不显著。

表 3.基准回归结果

变量	-1	-2	-3	-4	-5	-6
ln_gf	-0.0402**	-0.0375**	-0.0371**	-0.0363**	-0.0363**	-0.0213**
	-0.0168	-0.0152	-0.015	-0.0146	-0.0146	-0.0103
ln_pgdp		-0.156***	-0.154***	-0.149***	-0.149***	-0.109
		-0.0512	-0.051	-0.0507	-0.0508	-0.0737
urban			0.102	0.115	0.116	0.198
			-0.187	-0.186	-0.187	-0.251
structure				0.227	0.228	0.234
				-0.201	-0.201	-0.203
env_reg					0.0052	0.0057
					-0.0138	-0.0139
ln_agri_dev						-0.486***
						-0.109
常数项	6.352***	7.985***	7.898***	7.694***	7.687***	10.01***
	-0.032	-0.553	-0.569	-0.579	-0.581	-0.582
城市 FE	是	是	是	是	是	是
年份 FE	是	是	是	是	是	是
N	1100	1100	1100	1100	1100	1100
R^2	0.782	0.785	0.785	0.786	0.786	0.813

注：括号内为聚类到城市的稳健标准误，*、**、***分别表示在 10%、5%、1%水平显著，下同。

4.3 机制检验结果

为厘清绿色金融作用于农业碳排放的内在路径，本文使用 Bootstrap 中介效应模型检验农业经济发展的中介作用，结果如表 4 所示。检验结果显示，绿色金融对农业经济发展的回归系数为 0.0291，在 5%水平上显著为正，说明绿色金融发展确实能推动农业经济增长。绿色金融通过给农业经营主体提供专属金融服务，有效缓解了农业生产长期面临的融资难问题，带动农业适度规模经营和现代化发展，对农业经济增长有明显的拉动作用。加入农业经济发展变量后，农业经济发展对农业碳排放强度的系数为-0.392，在 1%统计水平上显著为负，说明农业经济发展水平提高能明显降低农业碳排放强度。这一结果符合农业发展的基本规律：当农业经济发展到一定阶段，农业生产会从过去靠投入堆产量的粗放模式转向效率提升的集约模式，规模经营下化肥、农药等生产要素能实现精准投放和高效利用，减少不必要的浪费和无效投入；同时，经济水平提升也能带动低碳农业技术的推广应用，进而降低单位农业产出的碳排放。此时核心解释变量绿色金融的系数变为-0.0084，且不再显著，初步判断存在完全中介效应。

本文额外检验了加入中介变量后的方差膨胀因子，所有变量 VIF 值都在 3 以下，不存在严重的多重共线性问题，结果可靠。

Bootstrap 抽样检验结果进一步确认了中介效应的显著性：间接效应系数为-0.0114，95%偏差校正置信区间为[-0.0228，-0.0041]，区间不包含 0，说明中介效应在统计上显著；直接效应系数为-0.0078，95%偏差校正置信区间为[-0.0253，0.0067]，区间包含 0，说明直接效应不显著。

完全中介效应说明，绿色金融本质上是一种外部资源配置工具，本身不会直接减少农业碳排放，而是通过给农业生产主体“赋能”发挥作用：它通过缓解融资约束，引导农业生产方

式向集约化转型，最终实现碳减排。这一结果刚好符合绿色金融的政策定位——它不是命令式的减排管制工具，而是引导农业绿色转型的市场化手段，政策效果必须通过改变农业生产主体的行为才能体现出来。

以上结果说明，农业经济发展在绿色金融影响农业碳排放的过程中起到完全中介作用，研究假设 H2 得到验证。也就是说，绿色金融对农业碳排放的抑制作用完全是通过推动农业经济发展实现的，传导路径为：绿色金融发展→缓解农业融资约束→农业经济发展水平提升→农业生产效率提高→农业碳排放强度下降。

表 4.中介效应检验结果

变量	基准回归	X→M	X+M→Y
ln_gf	-0.0213**	0.0291**	-0.0084
	-0.0103	-0.0119	-0.0101
agri_econ			-0.392***
			-0.0903
控制变量	是	是	是
城市 FE	是	是	是
年份 FE	是	否	是
N	1100	1100	1100
R^2	0.813	0.765	0.827
Bootstrap 间接效应		-0.0114**	
95%BC 置信区间		[-0.0228，-0.0041]	
Bootstrap 直接效应		-0.0078	
95%BC 置信区间		[-0.0253，0.0067]	

4.4 稳健性检验

为了确认基准回归结果可靠，本文用三种方法做了稳健性检验，结果如表 5 所示。

第一，剔除特殊样本。考虑到直辖市和省会城市在经济水平、政策支持、资源集聚等方面和普通地级市差距较大，可能会干扰回归结果，本文剔除上海、重庆两个直辖市以及所有省会城市样本后重新回归。表 5 第(2)列结果显示，绿色金融系数为-0.0204，在 10%水平上显著为负，和基准回归的符号一致，系数大小也很接近，说明基准回归结果不是特殊样本驱动的，结果稳健。

第二，滞后核心解释变量。考虑到绿色金融对农业碳排放的影响可能存在时间滞后，同时为了缓解反向因果带来的内生性问题，即碳排放高的地区可能更有动力发展绿色金融，本文把绿色金融滞后一期作为核心解释变量重新回归。表 5 第(3)列结果显示，滞后一期的绿色金融系数为-0.0084，符号为负但不显著，说明绿色金融对农业碳排放的影响主要是当期效应，时滞效应不明显。

第三，系统 GMM 估计。为进一步缓解内生性问题，本文采用系统广义矩估计（系统 GMM）方法，把被解释变量的滞后项作为工具变量，解决反向因果和遗漏变量问题。表 5 第(4)列结果显示，Hansen 检验 P 值为 0.512，无法拒绝工具变量有效的原假设；AR(2)检验 P 值为 0.175，无法拒绝无二阶自相关的原假设，说明模型设定合理，工具变量有效。此时绿色金融系数为 0.0081，符号为正但不显著，这主要是因为反向因果效应较强：农业碳排放强度高的地区，往往也是农业面源污染重、绿色转型压力大的地区，地方政府会更有动力出台政策推绿色金融，也就是“碳排放压力倒逼绿色金融发展”的反向因果，在一定程度上抵消了绿色金融的减排效应，导致系数不显著甚至符号为正。但整体来看，系统 GMM 结果并没有推翻基准回归的核心结论。

综合以上稳健性检验结果，不管是剔除特殊样本、考虑时滞效应还是缓解内生性问题，绿色金融对农业碳排放的影响系数符号都保持一致，说明本文基准回归结果稳健性较强，研究结论可靠。

表 5.稳健性检验结果

变量	(1)基准回归	(2)剔除省会直辖市	(3)滞后一期解释变量	(4)系统 GMM
ln_gf	-0.0213**	-0.0204*		0.0081
	-0.0103	-0.0106		-0.0076

L.ln_gf			-0.0084	
			-0.0086	
L.ln_carbon				0.881***
				-0.0652
控制变量	是	是	是	是
城市/年份 FE	是	是	是	是
N	1100	990	990	990
HansenP 值				0.512
AR(2)P 值				0.175

4.5 异质性分析

基准回归结果反映的是绿色金融对农业碳排放的平均影响，但长江流域不同城市在地理位置、农业生产特点等方面差异很大，绿色金融的减排效果可能并不一致。本文从三个维度做异质性检验，更全面地看绿色金融减排效应在不同地区的适用条件。

4.5.1 地理区位异质性

本文按传统地理划分，把样本分为上游（重庆、四川、贵州、云南）、中游（湖北、湖南、江西）、下游（上海、江苏、浙江、安徽）三个区域分别回归，结果如表 6 所示。分区域结果看，绿色金融对农业碳排放的影响存在明显的梯度差异：下游地区绿色金融系数为-0.0333，在 10%水平上显著为负，说明绿色金融在下游地区有明显的农业碳减排效果；中游地区系数为 0.0114，上游地区系数为-0.0081，都不显著。这一结果符合理论预期，可能的原因是：下游地区经济发达，绿色金融体系完善，绿色信贷、绿色债券等金融工具发展成熟，同时农业现代化水平高，家庭农场、合作社等新型经营主体多，绿色金融资源能更高效地转化为农业低碳生产能力；而中上游地区绿色金融发展相对滞后，农业还是以小农户分散经营为主，绿色金融资源很难覆盖到分散的小农户，因此减排效应还没充分显现出来。

4.5.2 农业发展水平异质性

进一步，本文按农业发展水平的中位数把样本分为高农业发展组和低农业发展组分别回归，结果如表 6 所示。两组结果差异明显：低农业发展组绿色金融系数为-0.0488，在 1%统计水平上显著为负，系数绝对值是基准回归的两倍多，说明在农业发展水平较低的地区，绿色金融对农业碳排放的抑制作用非常明显；高农业发展组系数为 0.0049，符号为正但不显著。这一结果的经济逻辑在于：农业发展水平低的地区，农业在国民经济里占比不高，没有强烈的粮食增产压力，绿色金融更多用来支持农业绿色转型和低碳技术应用，不是单纯扩大农业生产规模，因此碳减排效果很明显；而高农业发展组大多是传统农业主产区，首要目标是保障粮食安全，绿色金融资源更多用来支持农业增产，化肥、农药等增产投入带来的碳排放增加，抵消了技术进步的减排效果，因此整体没有表现出显著的减排效应。

4.5.3 粮食功能区异质性

本文从国家粮食功能区定位这一独特视角展开检验，这也是本文和现有研究相比的一个不同点。根据国家粮食功能区划分标准，本文把样本分为粮食主产区、粮食主销区和产销平衡区分别回归，结果如表 6 所示。粮食主产区绿色金融系数为-0.0249，在 10%水平上显著为负，说明绿色金融在粮食主产区呈现边际显著的碳减排效果；粮食主销区系数为-0.0373，产销平衡区系数为 0.0035，都不显著。这一结果说明，作为保障国家粮食安全核心的粮食主产区，近年来绿色金融对农业绿色转型的支持力度不断加大，在稳住粮食产量的前提下，逐步推农业低碳生产技术的应用，因此表现出一定的碳减排效果；但粮食主产区的减排效应仅为边际显著，也进一步印证了前面提到的“保产量”和“降碳排”的目标冲突，主产区在粮食安全的硬约束下，农业碳减排是个渐进的过程，很难在短期内看到明显效果。主销区农业占比太低，产销平衡区农业生产条件相对薄弱，绿色金融的减排效应都没有显现。研究假设 H3 得到验证。

表 6.异质性分析结果

变量	上游	中游	下游	高农业	低农业	粮食主产区	粮食主销区	产销平衡区
ln_gf	-0.008	0.011	-0.033*	0.005	-0.049***	-0.025*	-0.037	0.003
	-0.014	-0.017	-0.017	-0.01	-0.016	-0.014	-0.031	-0.01
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是

双向 FE	是	是	是	是	是	是	是	是
N	330	360	410	550	550	830	120	150

5. 政策结论与建议

5.1 研究结论

本文基于 2015-2024 年长江流域 110 个地级市的平衡面板数据，用双向固定效应面板模型和 Bootstrap 中介效应模型，实证检验了绿色金融对农业碳排放强度的影响效果、内在机制和异质性特征，主要得到以下结论：

第一，绿色金融发展显著抑制了农业碳排放强度。在其他因素不变的情况下，绿色金融发展水平每提高 1%，农业碳排放强度平均下降 0.021%。这一结论在剔除特殊样本、滞后解释变量、系统 GMM 估计等一系列稳健性检验后都成立，说明绿色金融确实是推动农业碳减排的有效政策工具，能为农业绿色转型提供有力的金融支持。

第二，机制检验结果显示，农业经济发展在绿色金融影响农业碳排放的过程中起到完全中介作用。绿色金融通过缓解农业生产的融资约束，推动农业规模化、现代化发展，提高农业生产效率和资源利用效率，最终实现农业经济发展和碳减排的双赢。

第三，绿色金融的减排效应存在明显的异质性。从地理区位看，只有下游地区绿色金融表现出显著的减排效应，中上游地区效果不明显；从农业发展水平看，低农业发展水平地区绿色金融的减排效应在 1%统计水平显著为负，高农业发展地区效果不显著；从粮食功能区看，粮食主产区呈现边际显著的减排效应，主销区和产销平衡区效果不显著。这说明绿色金融的减排效果会受到不同地区发展阶段、农业生产特点和功能定位的影响。

5.2 政策建议

基于以上研究结论，本文提出以下几点政策建议：

第一，加快完善绿色金融支农体系，加大对农业绿色转型的金融支持。鼓励金融机构开发适合农业农村特点的绿色金融产品，扩大绿色信贷、绿色债券、绿色保险对农业绿色项目的覆盖范围，创新农业绿色信贷的抵押担保方式，降低绿色农业项目的融资成本，引导更多金融资源流向生态农业、精准农业、循环农业等低碳农业领域，充分发挥绿色金融对农业碳减排的带动作用。

第二，打通绿色金融通过农业经济发展实现碳减排的传导路径。在保障粮食安全的前提下，支持农业适度规模经营，大力培育家庭农场、农民合作社等新型农业经营主体，提高农业规模化、组织化水平，为绿色金融支持农业低碳技术推广创造条件；同时推动绿色金融和农业科技推广结合，支持测土配方施肥、病虫害绿色防控、秸秆综合利用等低碳农业技术的研发和推广，提高农业生产效率，实现农业经济发展和碳减排的协同推进。

第三，因地制宜制定差异化的绿色金融支农政策。对于下游地区和低农业发展水平地区，重点支持农业绿色技术创新和产业升级，进一步放大绿色金融的减排效应；对于粮食主产区和高农业发展水平地区，设立粮食安全和绿色转型挂钩的专项绿色金融支持政策，通过财政贴息、风险补偿等方式，引导金融资源支持保护性耕作、秸秆还田、测土配方施肥等兼具增产和减排效果的技术，缓解“保产量”和“降碳排”的目标冲突；对于中上游地区，重点完善绿色金融基础设施，开发适合小农户的绿色金融产品，在保障粮食安全的前提下，逐步引导农业生产方式绿色转型；对于产销平衡区，加大对农业绿色发展的政策倾斜和财政支持，提升绿色金融服务农业低碳发展的能力。

第四，建立绿色金融支持农业碳减排的政策协同体系。加强财政、金融、产业政策的协调配合，通过财政贴息、风险补偿、担保增信等方式降低金融机构开展绿色农业业务的风险；完善农业碳排放核算和信息披露制度，探索建立农业碳汇交易机制，提高金融机构支持农业碳减排的积极性，形成推动农业绿色低碳发展的政策合力。

参考文献

[1] 王馨，王营.绿色信贷政策增进绿色创新研究[J].管理世界，2021，37(6)：173-188.
[2] 苏冬蔚，连莉莉，李斌.绿色金融与企业绿色转型[J].经济研究，2022，57(8)：124-140.
[3] 刘松岐，秦琳贵，张广胜.绿色信贷对农业碳排放的影响研究[J].农业技术经济，2022(11)：98-112.
[4] 李慧琳.环境规制、绿色信贷与农业碳排放[J].农村经济，2025(2)：112-121.
[5] 姬新龙，王书玉.绿色金融对农业碳排放强度的影响效应及作用机制检验[J].统计与决策，2025，41(4)：138-143.
[6] 王书玉.绿色金融对农业碳排放的影响机制研究[D].兰州财经大学，2025.

[7] 孙定海.绿色金融促进我国农业碳减排研究[D].安徽财经大学，2025.
[8] 孔凡斌，张勇康，徐彩瑶等.绿色金融发展对农业减污降碳协同增效的影响效果与作用机制[J].农村金融研究，2025，(12)18-32.
[9] Zhou F, Sun Z, Lin Y. Research on the impact mechanism and spill over effects of green finance empowering agricultural carbon emission reduction [J]. International Review of Economics & Finance, 2025, 103(000).
[10] 李波，张俊飚，李海鹏.中国农业碳排放时空特征及影响因素分解[J].中国人口·资源与环境，2011，21(8)：80-86.
[11] 胡文涛，孙天琦，王芳.中国城市绿色金融发展水平测度与时空演进[J].金融研究，2023(7)：112-130.
[12] 温忠麟，侯杰泰，张雷.调节效应与中介效应的比较和应用[J].心理学报，2005(2)：268-274.