



陶源,汪晓雪,易福金. 完全成本保险和收入保险试点能实现农业减碳增汇吗[J]. 中国农业大学学报,2025,30(11):376-389.

TAO Yuan, WANG Xiaoxue, YI Fujin. Can the full-cost and revenue insurance pilot programs achieve agricultural carbon emission reduction and sequestration? [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(11): 376-389.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.11.28

完全成本保险和收入保险试点能实现农业减碳增汇吗?

陶源¹ 汪晓雪¹ 易福金^{2*}

(1. 山东科技大学 财经学院, 山东 泰安 271019;

2. 浙江大学 中国农村发展研究院, 杭州 310058)

摘要 为厘清农业保险与农业绿色低碳发展之间的关系,运用2005—2022年我国30个省份的面板数据,基于完全成本保险和收入保险试点的政策视角,使用渐进双重差分法实证检验试点开展对农业净碳汇的影响效应及作用机制,并重点考察绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整之间的协同作用。结果表明:1)完全成本保险和收入保险试点政策的实施显著提升了农业净碳汇;2)试点政策主要通过规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳促进农业减碳增汇,绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整之间具有协同作用,共同促进试点地区实现减碳增汇;3)试点政策对农业碳排放和碳吸收均有显著影响,对不同碳源产生的碳排放影响不同;4)试点政策对中高自然风险区的农业净碳汇具有显著影响,对于低自然风险区的农业净碳汇影响不显著。基于研究结果提出政策建议:加快推广完全成本保险和收入保险,提高农户参保意愿;优化保费补贴机制,发挥规模化经营主体和专业化种植户的示范作用;完善绿色技术推广服务,提升农户技术应用能力;构建风险区域差异化支持体系,加强中高自然风险区补贴和基础设施投入。

关键词 完全成本保险和收入保险; 农业减碳增汇; 协同效应; 渐进双重差分

中图分类号 F840.6

文章编号 1007-4333(2025)11-0376-14

文献标志码 A

Can the full-cost and revenue insurance pilot programs achieve agricultural carbon emission reduction and sequestration?

TAO Yuan¹, WANG Xiaoxue¹, YI Fujin^{2*}

(1. School of Finance and Economics, Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China;

2. China Institute for Rural Development, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract To clarify the relationship between agricultural insurance and agricultural green and low-carbon development, using the panel data of 30 provinces in China from 2005 to 2022, based on the policy perspective of full-cost insurance and income insurance pilot, this study empirically tests the influence effect and mechanism of pilot development on agricultural net carbon sink, and focuses on the synergy between green agricultural technology adoption, large-scale operation and planting structure adjustment. The results show that: 1) The implementation of the pilot policies of full cost insurance and income insurance has significantly improved the net carbon sink of agriculture; 2) The pilot policy mainly promotes agricultural carbon reduction and foreign exchange increase through large-scale operation, planting structure adjustment and green agricultural

收稿日期: 2025-03-25

基金项目: 山东省社会科学规划研究青年项目(23DGLJ19)

第一作者: 陶源(ORCID:0000-0000-0000-0000),副教授,主要从事农业保险、农业资源与环境经济研究,E-mail:tyrare1125@163.com

通讯作者: 易福金(ORCID:0000-0000-0000-0000),教授,博士生导师,主要从事农业保险、环境科学与资源利用研究,E-mail:yifujin@zju.edu.cn

technology adoption, and there is synergy between green agricultural technology adoption and large-scale operation and planting structure adjustment to jointly promote carbon reduction and foreign exchange increase in the pilot areas; 3) The pilot policy has a significant impact on agricultural carbon emissions and carbon absorption, and has different impacts on carbon emissions from different carbon sources; 4) The pilot policy has a significant impact on the agricultural net carbon sink in the middle and high natural risk areas, but has no significant impact on the agricultural net carbon sink in the low natural risk areas. Based on the research results, this study puts forward some policy suggestions as follows: Speeding up the promotion of full-cost insurance and income insurance and improving farmers' willingness to participate in insurance; Optimize the premium subsidy mechanism and give play to the demonstration role of large-scale business entities and specialized growers; Improving green technology extension services and enhancing farmers' technology application ability; Building a differentiated support system for risk areas and strengthening subsidies and infrastructure investment in high natural risk areas.

Keywords full-cost insurance and revenue insurance; agricultural emission reduction and carbon sequestration; synergistic effects; progressive DID

农业绿色可持续发展既是农业生态文明建设的核心内容,也是保障粮食安全、实现农业高质量发展的必然要求。在环境资源问题日益凸显的背景下,农业碳排放问题成为实现“双碳”目标的重要环节。农户作为农业生产的主要决策者,其行为选择直接影响农业低碳转型的进程与成效,农业的弱质性使得农户普遍厌恶“高风险、高投资、低收益”的低碳生产行为^[1]。然而,农业保险作为一种风险分散工具,能够促使农户调整生产决策进而产生环境效应。2018年中央财政部、农业农村部等多部门联合推行的完全成本保险和收入保险试点政策,为探索农业低碳发展提供了重要的政策视角。本研究旨在探讨完全成本保险和收入保险试点政策对农业绿色低碳发展的影响及作用机制,为完善农业支持政策、推动农业绿色可持续发展提供理论依据。

现有研究探讨了农业保险的环境效应,但尚未达成共识。多数研究支持农业保险对生态环境具有正外部性这一观点:农业保险将农户的生产风险转移给农业保险机构,有利于保障农业生产经营的稳定性^[2],促使农户调整要素投入结构。农户购买农业保险后会倾向于减少化肥与农药的使用,以实现资源有限情况下的最佳损失控制效果^[3],秦国庆等^[4]研究进一步证实,农业保险可以降低农户生产成本,有效抑制农业化学品的过量使用,推动农业生产向环境友好型模式转变。在农业保险的风险分散机制下,农户的风险偏好和风险承受能力会发生变化,更加倾向于采用绿色生产技术^[5],道德风险的存在也使得农户在参保后,会因成本挤占而减少

化肥等生产要素的投入^[6]。此外,农业保险的资金融通功能,可有效缓解农户面临的资金约束,提高农户进行耕地保护质量投资的能力^[7]。但也有少数研究认为农业保险会加剧环境污染。随着农业保险赔付支出的增加,农户生产决策可能变得激进,更倾向于投入农用化学品,致使碳排放量上升,对农业绿色发展产生负面影响^[8]。农业碳排放的来源具有多样性,针对不同碳源要素,农业保险的影响也不尽相同。Smith等^[9]发现农业保险保费补贴会推动农业化学品投入的增加,钟甫宁等^[10]认为农户购买保险之后农药的喷施会显著减少,化肥使用量却会少量增加,张燕媛等^[11]通过调研发现农户参与农业保险反而加剧了农药过量施用。因此,关于农业保险能否实现农业减碳增汇?还应进一步探讨。

综上所述,多数研究聚焦农业碳排放单一测度,忽视了农业生产系统的碳汇功能,在揭示农业保险影响碳排放的机制方面也未考虑到机制之间的关联。鉴于此,本研究从完全成本保险和收入保险试点政策切入,同时考虑农业种植的碳排放与碳吸收,构建规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳的理论框架,并进一步探讨机制变量之间的协同作用,以期更全面地阐释试点政策产生环境外部性的路径。

1 政策背景与分析框架

1.1 政策背景

我国自2007年开始实施政策性农业保险,此后农业保险进入快速发展阶段,但随着农业生产的发展和市场化程度的提高,以保障物化成本为主的保

险模式逐渐暴露出弊端:保障范围仅覆盖种子、化肥等直接物质成本,保险金额占农作物产值的比重非常低;风险保障维度单一,难以满足现代农业发展的多元保障需求。为构建更高层次的农业风险保障体系,中央财政部、农业农村部等多部门于2018年共同印发《关于开展三大粮食作物完全成本保险和收入保险试点工作的通知》^[12],决定在河南、山东等6省开展为期3年的试点工作。2019—2020年,试点地区参保面积约180.26万hm²,占区域内粮食播种总面积的71.89%,参保农户约195.36万户,累计支付赔款12.68亿元,整体赔付率达到80.31%^[13]。基于前期试点成效,2021年试点政策实施范围扩展至13个粮食主产区,截至2022年试点政策已覆盖至全国13个粮食主产区的826个产粮大县。与传统物化成本保险相比,完全成本保险和收入保险的保障水平更高且保费成本更低。相关资料显示,在损失程度相同的情况下,试点险种的亩均赔款高于物化成本保险95.50%,高于大灾保险22.83%,且农民自缴保费部分仅需约20%^[14]。作为兼具风险保障功能与市场导向属性的政策工具,完全成本保险和收入保险试点政策在稳定农业生产的同时,也会影响农户生产行为进而产生环境效应。因此,深入分析试点政策对生态环境的影响,对于构建“生产—生态”双赢的农业发展模式具有重要意义。

1.2 理论分析与研究假说

1)试点政策对农户规模化经营的激励。政策补贴能够降低投保成本、扩大保险覆盖面,进而增强农业抗风险能力。生产经营活动的根本目的是获得更多收益,因此在农业保险的保障制度下,农户可能会采取比较积极的生产策略。完全成本保险和收入保险具有较高的政策补贴和保障水平,对农户进行规模化种植的激励作用更强^[15]。农业生产经营规模的扩大将有利于农业减碳增汇:一方面,土地经营规模的扩大能够充分发挥规模报酬效应,减少生产过程中机械动力能源和农用化学品等要素的单位面积投入,提升资源利用效率^[16];另一方面,规模化经营有助于降低地块转换成本,减少非必要能源损耗造成的碳排放^[17],同时促进农户采用保护性耕作技术,有效改善土壤结构,提高土壤碳储存能力。

2)试点政策对农户种植结构调整的激励。在

缺乏有效风险分担的情况下,农户倾向于选择多样化种植方式分散生产经营风险。试点政策保障内容涵盖了农产品价格波动在内的市场风险,可有效降低农户大量种植单一农产品面临的价格风险^[18]。同时,针对粮食作物提供的高补贴标准,能在一定程度上提高被保农作物的种植比例。与经济作物相比,粮食作物对农用化学品投入的依赖性更弱,更多种植粮食作物有利于从源头上减少碳排放^[19]。粮食作物在特定区域的种植比例上升,能够提升种植专业化水平,专业化水平更高的农户容易精准控制生产要素投入并施行科学的农业管理方略,促进生产要素的高效利用^[20]。

3)试点政策对农户绿色农业技术采纳的激励。绿色农业技术具备资源高效利用与生态保护的双重优势,可以有效改善土壤质量、降低农业生产要素的使用量^[21],但从农户行为的经典理论来看,农户很难自发地采用绿色农业技术。完全成本保险和收入保险具有较高的保障水平,能够平滑农户预期产出与收入的波动性,促进农户增加风险性资本投入,提高绿色农业技术采纳的意愿。再者,资金约束也是制约农户采用绿色农业技术的重要因素,农业保险保单可以作为农户贷款的质押担保,增强农户信贷可得性,缓解农户的融资约束^[22],提升农户采用绿色农业技术的能力。

4)绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整的协同效应分析。完全成本保险和收入保险能够通过绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整的协同作用对环境产生正外部性。首先,种植规模的扩大能够摊薄技术采用的投资成本,进而对农户绿色技术采纳产生正向影响,且规模化经营农户在技术、知识和学习能力等方面具有优势,对新型肥料品种和低碳生产技术的投资意愿更为强烈^[23]。其次,在农业生产活动中,农户的生产要素投入与其自身的实践经验积累、技术水平和资源禀赋条件紧密相关。已有研究证明,试点政策有利于种植结构向专业化方向调整,而种植专业化水平越高,农户学习技术的机会成本越低,更加倾向于采用绿色农业技术替代化肥、农药等传统生产要素的投入^[24]。因此,随着种植规模的扩大和种植结构的调整,绿色农业技术采纳的减碳增汇效应将得到加强。

据此,本研究提出以下3个研究假说:

假说 1, 农业保险能有效促进农业减碳增汇。

假说 2, 农业保险通过促进规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳实现农业减碳增汇。

假说 3, 绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整具有协同效应, 加强农业保险减碳增汇作用。

2 研究设计与数据来源

2.1 研究设计

2.1.1 基准模型

完全成本保险和收入保险试点政策在省级层面是于 2018 和 2021 年分批开展的, 因此本研究采用渐进双重差分模型评估试点政策对农业减碳增汇的影响。将试点政策作为一项“准自然实验”, 通过对比试点地区与非试点地区农业净碳汇在政策实施前后的差异, 得到试点政策的影响效果。具体模型如下:

$$N_{i,t} = \alpha + \beta \text{treat}_i \times \text{post}_t + \gamma X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: $N_{i,t}$ 为农业净碳汇, 其中 i 表示省份, t 表示时期; α 为常数项; $\text{treat}_i \times \text{post}_t$ 为是否实施完全成本保险和收入保险试点政策 (政策交互项) 的虚拟变量, 若 i 省在 t 时期实行了完全成本保险和收入保险试点政策, 则取值为 1, 反之则为 0; β 为交互项估计系数, 反映试点政策对农业净碳汇的影响效果; $X_{i,t}$ 为控制变量集合; γ 为控制变量的待估计系数; λ_i 为时间固定效应; μ_t 为省级固定效应; $\epsilon_{i,t}$ 为误差项。

2.1.2 平行趋势检验

双重差分模型回归结果成立的前提是政策实施前, 试点地区与非试点地区的农业净碳汇具有相同的变化趋势。本研究采用事件研究法, 检验试点地区与非试点地区农业净碳汇的趋势差异, 具体模型如下:

$$N_{i,t} = \alpha_0 + \sum_{l=1}^4 \beta_0 D_{\text{prets}} + \beta_1 D_{\text{current}} + \sum_{l=1}^4 \beta_2 D_{\text{posts}} + \gamma_0 X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

式中: D_{prets} 、 D_{current} 和 D_{posts} 分别为政策实施前 4 期、当期及后 4 期的年份虚拟变量与试点地区虚拟变量的交互项; α_0 为常数项; β_0 、 β_1 、 β_2 、 γ_0 均为待估计系数。

2.1.3 机制检验模型

试点政策通过促进规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳, 改变传统粗放的农业耕种方式、提高农业绿色生产水平, 为验证其传导机制, 本

研究构建机制检验模型进行回归, 具体模型如下:

$$M_{i,k,t} = \alpha_1 + \beta_3 \text{treat}_i \times \text{post}_t + \gamma_1 X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$N_{i,t} = \alpha_2 + \beta_4 \text{treat}_i \times \text{post}_t + \delta M_{i,k,t} + \gamma_2 X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

式中: $M_{i,k,t}$ 为机制变量, 包括规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳; k 为机制变量个数; α_1 、 α_2 为常数项; β_3 、 β_4 、 γ_1 、 γ_2 、 δ 均为待估计系数。

2.1.4 协同效应检验模型

为验证试点政策实现农业减碳增汇的过程中, 绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整之间是否具有协同作用, 本研究构建协同效应检验模型进行回归, 具体模型如下:

$$N_{i,t} = \alpha_3 + \beta_5 \text{treat}_i \times \text{post}_t + \eta (T_{i,t} \times S_{i,t}) + \gamma_3 X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$N_{i,t} = \alpha_4 + \beta_6 \text{treat}_i \times \text{post}_t + \eta_0 (T_{i,t} \times L_{i,t}) + \gamma_4 X_{i,t} + \lambda_i + \mu_t + \epsilon_{i,t} \quad (6)$$

式中: $T_{i,t} \times S_{i,t}$ 为绿色农业技术采纳与规模化经营的交互项; $T_{i,t} \times L_{i,t}$ 为绿色农业技术采纳与种植结构调整的交互项; η 、 η_0 为交互项系数; β_5 、 β_6 、 γ_3 、 γ_4 均为待估计系数; α_3 、 α_4 为常数项。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量

农业净碳汇, 即农业碳排放与碳吸收的差值。农业碳排放采用李波等^[25]的方法, 构造碳排放估算公式:

$$E_{i,t} = \sum T_j \times K_{i,j,t} \quad (7)$$

式中: $E_{i,t}$ 为碳排放量; j 为碳源种类数; T_j 为碳源排放系数; $K_{i,j,t}$ 为碳源使用量。本研究中主要碳源为农用柴油、化肥、农药、农膜、灌溉和翻耕, 对应的碳排放系数分别为 0.59 kg/kg^[26]、0.89 kg/kg^[27]、4.93 kg/kg^[28]、5.18 kg/kg^[29]、266.48 kg/hm²^[29] 和 312.60 kg/km²^[30]。

农业碳吸收按照田云等^[31]的方法, 依据农作物的产量、碳吸收率和经济系数进行测算, 估算公式为:

$$C_{i,t} = \sum F_{i,g,t} \times Y_{i,g,t} \frac{1 - R_{i,g,t}}{H_{i,g,t}} \quad (8)$$

式中: $C_{i,t}$ 为碳吸收总量; $F_{i,g,t}$ 为农作物通过光合作用产生的碳吸收; g 为农作物种类数; $Y_{i,g,t}$ 为农作物产量; $R_{i,g,t}$ 为农作物含水量; $H_{i,g,t}$ 为农作物经济系数。主要农作物种类、碳吸收率和经济系数见表 1。

表1 主要农作物的碳吸收率和经济系数
Table 1 Carbon uptake rates and economic coefficients of major crops

作物 Crop	经济系数 Economic coefficient	含水量/% Moisture content	碳吸收率 Carbon absorption rate	作物 Crop	经济系数 Economic coefficient	含水量/% Moisture content	碳吸收率 Carbon absorption rate
水稻 Paddy	0.45	12	0.414	甘蔗 Sugar cane	0.50	50	0.423
小麦 Wheat	0.40	12	0.485	棉花 Cotton	0.10	8	0.450
玉米 Corn	0.40	13	0.471	甜菜 Beet	0.70	75	0.407
豆类 Legumes	0.34	13	0.450	蔬菜 Vegetable	0.6	90	0.450
薯类 Root and tuber crops	0.70	70	0.423	烟草 Tobacco	0.55	85	0.450
油菜 Rapeseed	0.25	10	0.450	花生 Peanut	0.43	10	0.450

2.2.2 核心解释变量

政策交互项($treat_i \times post_t$),完全成本保险和收入保险试点地区与政策实施年份的交互项。 $treat_i$ 为试点地区的虚拟变量,若*i*省被纳入完全成本保险和收入保险试点范围,则取值为1,否则为0; $post_t$ 为政策实施年份的虚拟变量,政策实施当年及之后年份取1,否则为0。

2.2.3 控制变量

借鉴已有研究成果^[32-33],选取的控制变量包括以下几个方面:经济发展水平、城镇化水平、国民经济结构、财政支农力度、农业机械化水平、农民受教育水平、环境规制、农户财富水平和土壤质量。

2.2.4 机制变量

本研究选取规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳为机制变量,其中规模化经营用家庭耕地流转面积占家庭耕地承包经营面积的比重表示,种植结构调整水平采用曾琳琳等^[20]的方法用种植专业化指数衡量,公式如下:

$$L_{i,t} = (1 + \frac{\sum P \times \ln P}{\ln m}) \times 100 \tag{9}$$

式中: P 为单一农作物的种植面积占比; m 为农作物种类数,考虑实际种植情况,选取种植面积占比较

高的10类农作物,即 $m=10$ 。 $L_{i,t}$ 为0~100,当作物种植完全分散时, $L_{i,t}=0$;当某地仅种植1种作物时, $L_{i,t}=100$ 。

本研究借鉴周月书等^[34]的方法,采用超效率SBM模型结合ML生产率指数的方法测算农业绿色全要素生产率并将其分解,使用分解出的绿色技术进步指数衡量绿色农业技术采纳行为。其中,土地投入以农作物播种面积表示,劳动投入以种植业从业人员数表示,化肥投入以农业生产的化肥折纯量表示,机械投入以农用机械总动力表示,灌溉投入以农业用水量表示。期望产出为农业生产总值,为消除价格波动影响,以2005年为基期的农产品生产价格指数进行调整,非期望产出为农业碳排放。

2.3 数据来源

本研究选取2005—2022年我国30个省份的面板数据,考虑到数据可得性,样本地区未包含港澳台和西藏。数据源自历年《中国农村统计年鉴》^[35]《中国统计年鉴》^[36]《中国人口和就业统计年鉴》^[37]《中国保险年鉴》^[38]《中国农村经营管理统计年报》^[39]《中国环境统计年鉴》^[40]、各省统计年鉴及国家统计局官网。为减少极端值的影响,对样本数据进行上下1%的缩尾。主要变量及描述性统计见表2。

表 2 主要变量及其描述性统计

Table 2 Main variables and their descriptive statistics

变量类型 Variable type	变量名称 Variable name	变量描述 Variable description	平均值 Mean	标准差 Standard deviation
被解释变量 Explained variable	农业净碳汇	农业碳吸收与碳排放之差, 万 t	1 930.192	1 660.136
核心解释变量 Core explanatory variable	政策交互项	完全成本保险和收入保险试点地区与政策实施年份的交互项	0.082	0.274
控制变量 Control variables	经济发展水平	人均生产总值, 万元	4.680	3.044
	城镇化水平	城镇人口与总人口之比, %	0.562	0.141
	国民经济结构	第一产业总产值与地区生产总值之比, %	0.108	0.057
	财政支农力度	农林水务支出与全国财政总支出之比, %	0.106	0.034
	农业机械化水平	单位机械总动力, kW/hm ²	6.026	2.451
	农民受教育水平	农村人口平均受教育年限, a	7.607	0.689
	环境规制	农业生产总值与地区生产总值之比乘以环境污染治理投资额, 万元	122.392	75.363
	农户财富水平	农村人均可支配收入, 万元	1.0875	0.678
	土壤质量	水土流失治理面积, km ²	4 037.821	3 026.137
机制变量 Mechanism variables	规模化经营	家庭耕地流转面积与家庭耕地承包经营面积之比, %	0.251	0.180 7
	种植结构调整	种植专业化指数	36.321	9.405
	绿色农业技术采纳	绿色技术进步指数	1.155	0.190

3 实证结果与分析

3.1 基准回归

本研究在控制双向固定效应的基础上,对基准模型进行回归,检验试点政策对农业净碳汇的影响,结果见表 3。无论是否加入控制变量。政策交互项的系数均在 1% 的水平上显著为正,表明试点政策开展能够增加农业净碳汇,即假说 1 得以验证。

3.2 识别假定检验

3.2.1 平行趋势检验

本研究使用事件研究法分析政策实施前后试点地区与非试点地区农业净碳汇的趋势差异。鉴于政策实施前时间跨度过长可能对结果造成干扰,将样本期由 2005—2022 年缩短至 2013—2022 年进行平行趋势检验,结果见图 1。政策实施前,各系数估计值在零值附近波动且不显著,说明试点地区与非试点地区的农业净碳汇无显著差异。政策实施

后,试点地区的农业净碳汇显著上升,证实了试点政策实施的有效性。

3.2.2 安慰剂检验

借鉴 Cai 等^[41]的方法进行安慰剂检验。从全样本中随机抽取与政策试点组规模相同的子样本为虚假处理组,剩余样本为对照组,进行 500 次随机抽样回归,图 2 示出回归系数估计值的概率密度分布。回归系数分布在零值附近且服从正态分布,表明农业净碳汇的变化确实由试点政策驱动,而非其他潜在混杂因素。

3.3 异质性处理效应估计

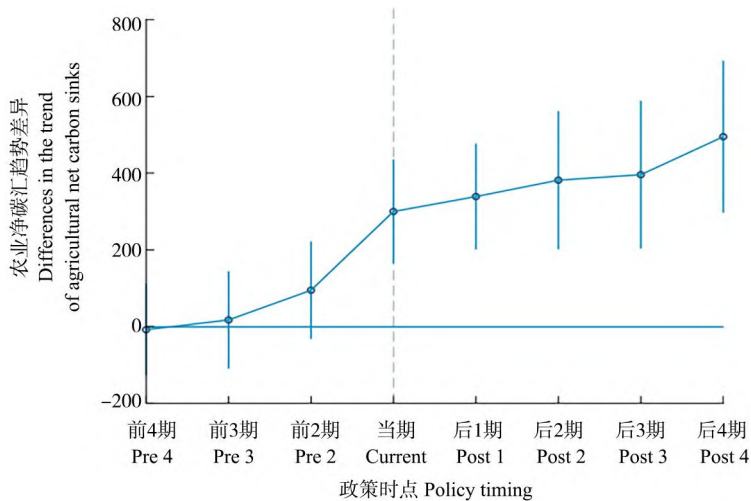
在采用渐进双重差分法分析政策效应时,政策时点的异质性可能导致回归结果出现估计偏误,因此本研究采用 Goodman-Bacon 分解法对处理效应的异质性进行系统检验。该方法将总体平均效应拆解为不同对照组:较早政策处理组与较晚政策处理组、较晚政策处理组与较早政策处理组、政策处

表3 试点政策影响农业净碳汇的基准回归结果

Table 3 Benchmark regression results of pilot policy impacts on agricultural net carbon sinks

变量名称 Variable name	未加入控制变量 No control variables have been added	加入全部控制变量 Add all control variables
政策交互项 Policy interaction items	543.184*** (68.057)	539.521*** (59.816)
常数项 Constant terms	1 537.306*** (59.369)	2 207.352*** (607.694)
控制变量 Control variables	未控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制
省级固定效应 Province fixed effect	已控制	已控制
观测值 Observations	540	522 ^①
拟合优度 Goodness of fit	0.392	0.591

注:***、**、*分别表示通过1%、5%、10%的显著性检验;括号内为标准误。下表同。
①由于样本期内上海市土壤质量变量值均为0,损失18个观测值,因此加入全部控制变量后的观测值数为522个。
Note: *, ** and *** represent significant statistics at the levels of 10%, 5% and 1%, respectively. The brackets are standard errors. The same below.
① Because the values of soil quality variables in Shanghai were all zero during the sampling period, 18 observation values were lost, so the number of observation values after adding all control variables was 522.



各系数估计值(圆点)上的竖线表示95%的置信区间。
The vertical lines on the estimated values (dots) of each coefficient represent 95% confidence intervals.

图1 政策实施前后试点地区与非试点地区农业净碳汇的趋势差异

Fig. 1 Trend difference of agricultural net carbon sinks in pilot and non-pilot areas before and after policy implementation

理组与非政策处理组。其中,较晚政策处理组与较早政策处理组可能因政策实施前的趋势差异而造成估计偏误,因此需重点关注该组估计量所占权重。Goodman-Bacon分解结果见表4,较晚政策处理组与较早政策处理组的估计量所占权重仅为2%,表明偏误风险在可控范围内。

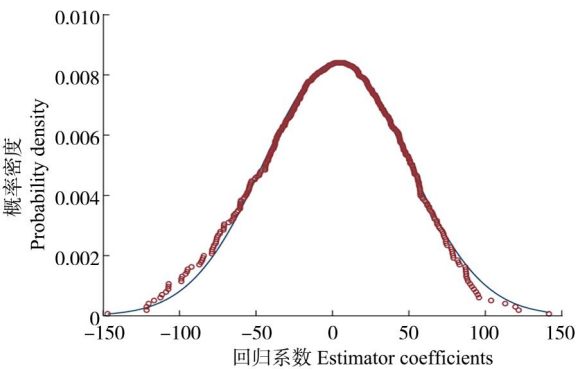


图 2 回归系数估计值的概率密度分布

Fig. 2 Probability density distribution of estimated values of regression coefficients

表 4 Goodman-Bacon 分解的权重与平均处理效应

Table 4 Weights and average treatment effects of Goodman-Bacon decomposition

分组类型 Grouping type	权重 Weight	平均处理效应 Average treatment effect
较早政策处理组与较晚政策处理组 Earlier policy processing group and later policy processing group	0.133	165.551
较晚政策处理组与较早政策处理组 Late policy processing group and earlier policy processing group	0.020	64.996
政策处理组与非政策处理组 Policy processing group and non-policy processing group	0.847	613.989

3.4 机制检验

为确保机制变量的独立性和检验结果的可靠性,本研究首先对机制变量进行多重共线性检验。检验结果显示各机制变量方差膨胀因子的均值仅为 1.07,远低于临界值 10,排除了多重共线性对估计结果的干扰。在此基础上,对试点政策影响农业净碳汇的机制展开检验,结果见表 5。完全成本保险和收入保险试点政策能够通过扩大农户种植规模、调整种植结构和促进绿色农业技术采纳实现农业减碳增汇,加入全部机制变量后进行联合检验,各项回归系数依旧显著为正,即假说 2 得以验证。

3.5 协同效应检验

为探究试点政策实现农业减碳增汇的过程中,绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整之间是否具有协同作用,进行协同效应检验,结果见表 6。绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整的交互项系数均显著为正,说明规模化经营和种植结构的调整能够有效降低绿色农业技术的应用成本,提高农户采纳绿色农业技术的意愿,进而强化试点政策对农业净碳汇的促进作用,即假说 3

得以验证。

3.6 稳健性检验

本研究进行如下稳健性检验:

1)调整样本期,我国于 2007—2012 年逐步实施政策性农业保险,为避免该政策对完全成本保险和收入保险发展水平及农业净碳汇可能造成的影响,将样本期由 2005—2022 年缩短至 2013—2022 年进行稳健性检验。

2)采用单位面积农业净碳汇替代总量指标,以控制土地规模异质性带来的偏误。

3)使用倾向得分匹配双重差分法进行稳健性检验,以人均地区生产总值、粮食播种面积占比、农村居民人均可支配收入、农业产值占农林牧渔业总产值的比重为协变量进行近邻匹配,基于匹配结果进行双重差分估计。

4)排除相关政策干扰,在模型中引入农业保险保费补贴政策的虚拟变量,若 i 地区在 t 年对农业保险实行了保费补贴政策,则变量取值为 1,否则取 0。

5)控制地区间农业保险发展水平的差异,在模型中引入农业保险保费收入作为农业保险发展水

表5 试点政策影响农业净碳汇的机制检验结果

Table 5 The mechanism verification results of the pilot policy's impact on net carbon sinks in agriculture

变量名称 Variable name	政策交互项对机制变量的影响 The impact of policy interaction terms on mechanism variables			机制变量对农业净碳汇的影响 The impact of mechanistic variables on agricultural net carbon sinks			联合检验 Joint inspection
政策交互项 Policy interaction items	0.068*** (0.011)	1.927*** (0.476)	0.055** (0.025)	442.213*** (59.779)	500.212*** (60.114)	523.633*** (59.732)	390.051*** (59.800)
规模化经营 Scale farming operations				1439.651*** (235.784)			1383.477*** (231.891)
种植结构调整 Adjustment of planting structure					20.404*** (5.748)		21.104*** (5.517)
绿色农业技术采纳 Green agricultural technology adoption						289.860*** (109.146)	279.165*** (104.392)
常数项 Constant terms	0.288** (0.115)	28.295*** (4.838)	1.104*** (0.256)	1793.080*** (589.254)	1630.017*** (621.906)	1887.443*** (615.684)	904.016 (610.905)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应 Province fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值 Observations	522	522	522	522	522	522	522
拟合优度 Goodness of fit	0.863	0.618	0.668	0.622	0.602	0.597	0.637

注:联合检验为加入全部机制变量后试点政策影响农业净碳汇的回归结果。
Note: The joint test is the regression results of pilot policies on agricultural net carbon sinks after adding all mechanism variables.

平的代理变量。稳健性检验结果(表7)表明,在5种稳健性检验中,政策交互项的系数始终显著为正,说明完全成本保险和收入保险试点政策能够有效促进试点地区减碳增汇。

3.7 进一步讨论

3.7.1 分碳源回归

为更全面地分析试点政策影响农业净碳汇的传导路径,本研究分别检验了试点政策对碳排放和碳吸收的影响,并对碳排放量占比前两位的碳源进行回归,结果见表8。试点政策对农业碳吸收的影响显著为正,对农业碳排放的影响显著为负,说明试点政策不仅能够有效降低农业生产过程中的碳排放,还有助于改善土壤质量,提高土壤固碳能力。试点政策能有效降低农户对化学品的依赖,但对机械燃油碳排放的影响不显著,可能的原因在于:试点政策的实施促进了规模化经营,为机械化作业创造了有利条件。但农业机械化对碳排放的影响取决于农机效率和能源类型,目前

我国对绿色农业技术的成果转化率偏低^[42],难以有效减少机械燃油产生的碳排放。

3.7.2 异质性分析

完全成本保险和收入保险旨在为农户提供更全面的风险保障,提升农业生产的稳定性。在自然风险水平较高的区域,试点政策能够更有效地缓解风险事故造成的不利影响,对农户生产行为的调节作用更为明显。因此,本研究按照梁来存^[43]的方法,根据自然风险水平划分样本地区并进行分组回归。其中,安徽、山东、河南、湖北、天津、河北、内蒙古、黑龙江、山西、陕西、甘肃、青海、宁夏、云南、贵州、海南为中高自然风险区;辽宁、吉林、江苏、江西、湖南、四川、北京、上海、浙江、福建、广东、广西、重庆、新疆为低自然风险区。分组回归结果见表9,试点政策仅在中高自然风险区对农业净碳汇具有显著影响。可能的原因在于,中高自然风险区的农户对风险保障的需求更强,试点政策对农户扩

表 6 绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整的协同效应检验结果

Table 6 Test results on the synergistic effects of green agricultural technology adoption with scale farming operations and adjustment of planting structure

变量名称 Variable name	规模化经营 Scale farming operations	种植结构调整 Adjustment of planting structure
政策交互项 Policy interaction items	428.252*** (59.457)	488.893*** (59.694)
绿色农业技术采纳×规模化经营 Green agricultural technology adoption ×Scale farming operations	1 140.185*** (168.581)	
绿色农业技术采纳×种植结构调整 Green agricultural technology adoption× Adjustment of planting structure		11.888*** (2.645)
常数项 Constant terms	1 869.027*** (582.616)	1 826.288*** (601.558)
控制变量 Control variables	已控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制
省级固定效应 Province fixed effect	已控制	已控制
观测值 Observations	522	522
拟合优度 Goodness of fit	0.628	0.608

表 7 试点政策影响农业净碳汇的稳健性检验结果

Table 7 Testing results of the impact of pilot policies on the robustness of agricultural net carbon sinks

变量名称 Variable name	缩短样本期 Shorten the period	替换变量 Replace variables	得分倾向匹配 Propensity score matching	控制保费补贴政策 Control of premium subsidy policies	控制保费收入 Control premium income
政策交互项 Policy interaction items	318.880*** (43.849)	0.557*** (0.089)	532.544*** (66.898)	512.942*** (59.194)	409.985*** (63.049)
常数项 Constant terms	2 839.112*** (729.627)	4.615*** (0.904)	2 633.410*** (660.560)	2 213.445*** (597.731)	2 347.470*** (588.925)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应 Province fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值 Observations	290	522	436	522	522
拟合优度 Goodness of fit	0.354	0.419	0.509	0.605	0.621

表8 试点政策影响农业净碳汇的分碳源回归结果

Table 8 Regression results of carbon sources affecting agricultural net carbon sinks by pilot policies

变量名称 Variable name	碳吸收 Carbon absorption	碳排放 Carbon emissions	化学品碳排放 Chemical carbon emissions	机械燃油碳排放 Carbon emissions from machinery fuels
政策交互项 Policy interaction items	611.955*** (62.242)	-21.258*** (7.088)	-23.887*** (5.088)	-2.165 (1.748)
常数项 Constant terms	2376.318*** (632.335)	314.419*** (72.219)	241.670*** (51.838)	19.211 (17.810)
控制变量 Control variables	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应 Province fixed effect	已控制	已控制	已控制	已控制
观测值 Observations	522	522	522	522
拟合优度 Goodness of fit	0.632	0.463	0.496	0.264

表9 试点政策影响不同自然风险区农业净碳汇的回归结果

Table 9 The regression results of the pilot policy on agricultural net carbon sinks in different natural risk areas

变量名称 Variable name	中高自然风险区 Medium to high natural risk area	低自然风险区 Low natural risk area
政策交互项 Policy interaction items	692.313*** (81.058)	126.768 (86.529)
常数项 Constant terms	820.760 (923.816)	3386.541*** (911.681)
控制变量 Control variables	已控制	已控制
时间固定效应 Time fixed effect	已控制	已控制
省级固定效应 Province fixed effect	已控制	已控制
观测值 Observations	288	234
拟合优度 Goodness of fit	0.745	0.510

大生产经营的激励作用突出。而在低自然风险区，农户对农业保险的依赖性和需求不高，投保行为对其生产经营决策的激励效应相对有限。

4 结论与建议

本研究利用2005—2022年我国30个省份的面板数据，构建双重差分模型，实证分析完全成本保险和收入保险试点政策对农业净碳汇的影响效应

及作用机制。主要研究结论如下：

1)基准回归结果表明，试点政策的实施显著提升了农业净碳汇，并通过了双重差分识别假定检验以及稳健性检验。

2)影响机制分析发现，试点政策的减碳增汇效应主要得益于规模化经营、种植结构调整和绿色农业技术采纳，绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整之间具有协同作用，共同促进试点地区

实现减碳增汇。

3)分碳源回归可知,试点政策对农业碳排放和碳吸收均有显著影响,但对不同碳源产生的碳排放影响不同。

4)异质性分析可知,试点政策对中高自然风险区的农业净碳汇具有显著影响,对低自然风险区的农业净碳汇影响不显著。

结合上述结论本研究提出以下建议:

1)扩大试点政策实施范围。加快完全成本保险和收入保险的全国性推广,合理制定相关政策,引导更多农户主动参保,借助电视、广播、网络等渠道普及保险条款、理赔等关键信息,提高农户对农业保险政策的认知度和接受度。

2)优化保费补贴机制。加大对专业化、规模化生产主体的保费补贴比例,发挥规模化经营主体与专业化种植户的引领示范作用,强化绿色农业技术采纳与规模化经营、种植结构调整的协同效应。

3)完善绿色农业技术推广服务。为采用绿色农业技术的农户提供更多信贷融资渠道,缓解农户的融资约束难题,降低一般机械投入对农业减碳增汇的不利影响。

4)构建风险区域差异化支持体系。提升对中高自然风险区农业保险补贴和农业基础设施的投入力度,加强对农业生产风险的管理和监测,建立完善的理赔机制和准确高效的勘灾定损机制,制定风险区划管理办法,以更好发挥农业保险及其相关政策的实施效果。

参考文献 References

- [1] 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
Ji X L, Wang S Y. Impact of green finance on agricultural carbon emission intensity and its mechanism test[J]. *Statistics & Decision*, 2025, 41(4): 138-143 (in Chinese)
- [2] 陈燕,林乐芬.政策性农业保险的福利效应:基于农民视角的分析[J].中国农村观察,2023(1):116-135
Chen Y, Lin L F. The welfare effects of policy-based agricultural insurance: An analysis from the perspective of farmers[J]. *China Rural Survey*, 2023(1): 116-135 (in Chinese)
- [3] 张旭光,柴智慧.政策性农业保险对农户绿色生产的影响研究:基于4省小麦种植户的调查数据[J].保险研究,2024(6):70-80
Zhang X G, Chai Z H. A research on the impacts of policy-based agricultural insurance on green production of farmers: Based on survey data of wheat growers in four provinces of China[J]. *Insurance Studies*, 2024(6): 70-80 (in Chinese)
- [4] 秦国庆,杜宝瑞,贾小虎,马九杰.政策性农业保险的化肥、农药、农膜减量效应分析[J].中国农业大学学报,2023,28(1):237-251
Qin G Q, Du B R, Jia X H, Ma J J. Analyze the reduction effect of policy-oriented agricultural insurance on chemical fertilizer, pesticide and agricultural plastic film[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(1): 237-251 (in Chinese)
- [5] 毛慧,胡蓉,周力,孙杰.农业保险、信贷与农户绿色农业技术采用行为:基于植棉农户的实证分析[J].农业技术经济,2022(11):95-111
Mao H, Hu R, Zhou L, Sun J. Crop insurance and the farmers' adoption of green technology: Empirical analysis based on cotton farmers[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2022(11): 95-111 (in Chinese)
- [6] Mishra A K, Wesley Nimon R, El-Osta H S. Is moral hazard good for the environment? Revenue insurance and chemical input use[J]. *Journal of Environmental Management*, 2005, 74(1): 11-20
- [7] 郭凤茹,任金政.完全成本保险对农户耕地质量保护投资的影响及机制[J].资源科学,2023,45(11):2183-2195
Guo F R, Ren J Z. The impact and mechanism of full cost insurance on farmers' investment in farmland quality protection[J]. *Resources Science*, 2023, 45(11): 2183-2195 (in Chinese)
- [8] 焦雨欣,江生忠,费清.农业保险能否助力农业绿色发展水平提升:基于13个粮食主产区的评估[J].保险研究,2023(11):61-77
Jiao Y X, Jiang S Z, Fei Q. Does agricultural insurance have an impact on the green development of agriculture: Assessment based on 13 major grain producing regions[J]. *Insurance Studies*, 2023(11): 61-77 (in Chinese)
- [9] Smith V H, Goodwin B K. The environmental consequences of subsidized risk management and disaster assistance programs[J]. *Annual Review of Resource Economics*, 2013, 5: 35-60
- [10] 钟甫宁,宁满秀,邢鹏,苗齐.农业保险与农用化学品施用关系研究:对新疆玛纳斯河流域农户的经验分析[J].经济学(季刊),2007,7(1):291-308
Zhong F N, Ning M X, Xing L, Miao Q. A study on the relationship between crop insurance and agrochemical uses: An empirical analysis of the manas watershed, Xinjiang, China[J]. *China Economic Quarterly*, 2007, 7(1): 291-308 (in Chinese)
- [11] 张燕媛,蔡荣.农业保险对农户农药过量施用的影响[J].中国农业大学学报,2024,29(9):296-306
Zhang Y Y, Cai R. Impact of agricultural insurance on farmers' pesticide overuse[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(9): 296-306 (in Chinese)
- [12] 财政部,农业农村部,原中国银行保险监督管理委员会.关于开展三大粮食作物完全成本保险和收入保险试点工作的通知:财金[2018]93号[A/OL].(2025-05-13).https://www.gov.cn/xinwen/2018-09/01/content_5318332.htmMinistry of Finance, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Former China Banking and Insurance Regulatory Commission. Notice on Carrying Out Pilot Projects for Comprehensive Cost Insurance and Income Insurance for Three Major Grain Crops: Cai Jin [2018] No. 93 [A/OL]. (2025-05-13). https://www.gov.cn/xinwen/2018-09/01/content_5318332.htm (in Chinese)
- [13] 张宝海,李嘉缘,李永乐,张婷婷.三大粮食作物完全成本保险和收入保险试点情况调研报告[J].保险理论与实践,2021(6):1-12
Zhang B H, Li J Y, Li Y L, Zhang T T. Investigation report on the pilot situation of full cost insurance and income insurance for three major grain crops[J]. *Insurance Theory & Practice*, 2021(6): 1-12 (in Chinese)
- [14] 国务院新闻办公室.国务院政策例行吹风会:三大粮食作物农业保险政策扩面提标[EB/OL].(2025-05-05).http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/06/content_5622870.htm General Office of the State Council. Information Office of the State Council. Regular briefing on the policies of the State Council: the expansion and upgrading of agricultural insurance policies for

- the three major food crops[EB/OL]. (2025-05-05). http://www.gov.cn/xinwen/2021-07/06/content_5622870.htm (in Chinese)
- [15] 徐雯, 张锦华. 政策性农业保险的碳减排效应: 来自完全成本保险和收入保险试点实施的证据[J]. 保险研究, 2023(2): 20-33
- Xu W, Zhang J H. The carbon emission reduction effect of policy-based agricultural insurance: Evidences from the implementation of total cost insurance and income insurance pilot program[J]. *Insurance Studies*, 2023 (2): 20-33 (in Chinese)
- [16] 褚培新, 苏敏, 颜杰. 转入农地经营规模及稳定性对农户化肥投入的影响: 以江苏四县(市)水稻生产为例[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(4): 85-94, 158
- Zhu P X, Su M, Yan J. Impact of farmland scale and stability on fertilizer input: Taking rice production of four counties of Jiangsu Province as example [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2017, 17(4): 85-94, 158 (in Chinese)
- [17] 梁志会, 张露, 张俊彪. 土地整治与化肥减量: 来自中国高标准基本农田建设政策的准自然实验证据[J]. 中国农村经济, 2021(4): 123-144
- Liang Z H, Zhang L, Zhang J B. Land consolidation and fertilizer reduction: Quasi-natural experimental evidence from China's well-facilitated capital farmland construction[J]. *Chinese Rural Economy*, 2021(4): 123-144 (in Chinese)
- [18] 张伟, 钟伟霞, 陈小知, 刘心怡, 易沛. 种植业保险对农地规模化经营的激励效应: 基于2011—2021年省级面板数据的经验证据[J]. 保险研究, 2024 (4): 34-47
- Zhang W, Zhong W X, Chen X Z, Liu X Y, Yi P. The incentive effect of planting industry insurance on the large-scale operation of agricultural land: Empirical evidence based on provincial panel data from 2011-2021 [J]. *Insurance Studies*, 2024(4): 34-47 (in Chinese)
- [19] 罗斯炫, 何可, 张俊彪. 增产加剧污染?: 基于粮食主产区政策的经验研究[J]. 中国农村经济, 2020(1): 108-131
- Luo S X, He K, Zhang J B. The more grain production, the more fertilizers pollution? empirical evidence from major grain-producing areas in China[J]. *Chinese Rural Economy*, 2020(1): 108-131 (in Chinese)
- [20] 曾琳琳, 李晓云, 杨志海. 作物种植专业化与化肥减量来源: 兼论经营规模的影响[J]. 自然资源学报, 2022, 37(7): 1707-1721
- Zeng L L, Li X Y, Yang Z H. Crop specialization and chemical fertilizer reduction: The pathway of operation scale[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(7): 1707-1721 (in Chinese)
- [21] 畅倩, 李晓平, 谢先雄, 赵敏娟. 非农就业对农户生态生产行为的影响: 基于农业生产经营特征的中介效应和家庭生命周期的调节效应[J]. 中国农村观察, 2020(1): 76-93
- Chang Q, Li X P, Xie X X, Zhao M J. The impact of non-agricultural employment on farmers' ecological production behavior: Based on the mediating effect of agricultural production and operation characteristics and the regulating effect of the family life cycle[J]. *China Rural Survey*, 2020 (1): 76-93 (in Chinese)
- [22] Makate C, Makate M, Mutenje M, Mango N, Siziba S. Synergistic impacts of agricultural credit and extension on adoption of climate-smart agricultural technologies in southern Africa[J]. *Environmental Development*, 2019, 32: 100458
- [23] 罗小娟, 冯淑怡, 黄信灶. 信息传播主体对农户施肥行为的影响研究: 基于长江中下游平原690户种粮大户的空间计量分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(4): 104-115
- Luo X J, Feng S Y, Huang X Z. The influence of information disseminators on farmers' fertilization behavior: A spatial econometric modeling approach based on 690 large scale grain producers in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(4): 104-115 (in Chinese)
- [24] 刘景政, 穆月英. 种植专业化对农业环境技术效率的影响研究: 来自设施蔬菜主产区的微观证据[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2025(1): 134-146
- Liu J Z, Mu Y Y. Impacts of planting specialization on the agricultural environmental technology efficiency: Micro evidence from the main facility vegetable production areas[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2025(1): 134-146 (in Chinese)
- [25] 李波, 张俊彪, 李海鹏. 中国农业碳排放与经济发展的实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(12): 8-13
- Li B, Zhang J B, Li H P. Empirical study on China's agriculture carbon emissions and economic development[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(12): 8-13 (in Chinese)
- [26] Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[M]. New York: Cambridge University Press, 2007
- [27] West T O, Marland G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: Comparing tillage practices in the United States[J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2002, 91(1-3): 217-232
- [28] 智静, 高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析[J]. 地理科学进展, 2009, 28(3): 429-434
- Zhi J, Gao J X. Analysis of carbon emission caused by food consumption in urban and rural inhabitants in China[J]. *Progress in Geography*, 2009, 28 (3): 429-434 (in Chinese)
- [29] 段华平, 张悦, 赵建波, 卞新民. 中国农田生态系统的碳足迹分析[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5): 203-208
- Duan H P, Zhang Y, Zhao J B, Bian X M. Carbon footprint analysis of farmland ecosystem in China[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2011, 25(5): 203-208 (in Chinese)
- [30] 伍芬琳, 李琳, 张海林, 陈阜. 保护性耕作对农田生态系统净碳释放量的影响[J]. 生态学杂志, 2007, 26(12): 2035-2039
- Wu F L, Li L, Zhang H L, Chen F. Effects of conservation tillage on net carbon flux from farmland ecosystems[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(12): 2035-2039 (in Chinese)
- [31] 田云, 张俊彪. 中国农业生产净碳效应分异研究[J]. 自然资源学报, 2013, 28(8): 1298-1309
- Tian Y, Zhang J B. Regional differentiation research on net carbon effect of agricultural production in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(8): 1298-1309 (in Chinese)
- [32] 马九杰, 崔恒瑜. 农业保险发展的碳减排作用: 效应与机制[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10): 79-89
- Ma J J, Cui H Y. Effect and mechanism of agricultural insurance on agricultural carbon emission reduction[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(10): 79-89 (in Chinese)
- [33] 叶林祥, 朱迪. 农业保险促进绿色农业与农民增收协同发展: 机制分析与实证检验[J]. 农村经济, 2025(1): 68-78
- Ye L X, Zhu D. Agricultural insurance promoting the synergistic development of green agriculture and farmers' income growth: Mechanism analysis and empirical tests[J]. *Rural Economy*, 2025(1): 68-78 (in Chinese)
- [34] 周月书, 尹梓鉴. 农业保险是否促进了中国农业绿色发展?[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2024(1): 49-61
- Zhou Y S, Yin Z J. Does agricultural insurance promote the green development of agriculture in China?[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2024(1): 49-61 (in Chinese)

- [35] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005—2022
- Rural Socioeconomic Survey Department of the National Bureau of Statistics. *China Rural Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2005-2022 (in Chinese)
- [36] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005—2022
- National Bureau of Statistics. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2005-2022 (in Chinese)
- [37] 国家统计局人口和就业统计司. 中国人口和就业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005—2022
- Population and Employment Statistics Department of the National Bureau of Statistics. *China Population and Employment Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2005-2022 (in Chinese)
- [38] 中国保险年鉴委员会. 中国保险年鉴[M]. 北京: 中国保险年鉴社, 2005—2022
- China Insurance Yearbook Committee. *China Insurance Yearbook* [M]. Beijing: China Insurance Yearbook Press, 2005-2022 (in Chinese)
- [39] 农业农村部农村经济体制与经营管理司, 农业农村部农村合作经济经营管理总站. 中国农村经营管理统计年报[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005—2022
- Department of Rural Economic System and Management of the Ministry of Agriculture, Rural Cooperative Economic Management Station of the Ministry of Agriculture. *China Rural Management Statistics Annual Report* [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2005-2022 (in Chinese)
- [40] 国家统计局生态环境部. 中国环境统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005—2022
- Department of Ecological Environment Statistics of the National Bureau of Statistics. *China Statistical Yearbook on Environment* [M]. Beijing: China Statistics Publishing House, 2005-2022 (in Chinese)
- [41] Cai X Q, Lu Y, Wu M Q, Yu L H. Does environmental regulation drive away inbound foreign direct investment? Evidence from a quasi-natural experiment in China[J]. *Journal of Development Economics*, 2016, 123: 73-85
- [42] 王翌秋, 徐丽, 曹蕾. “双碳”目标下农业机械化与农业绿色发展: 基于绿色全要素生产率视角[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2023(6): 56-69
- Wang Y Q, Xu L, Cao L. Agricultural mechanization and agricultural green development under the “dual carbon” goal: A perspective based on green total factor productivity[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2023(6): 56-69 (in Chinese)
- [43] 梁来存. 我国粮食保险纯费率厘定方法的比较与选择[J]. 数量经济技术经济研究, 2011, 28(2): 124-134
- Liang L C. A comparison and choice on the pure rate-making methods of grain insurance in China[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2011, 28(2): 124-134 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春



第一作者简介: 陶源, 博士, 山东科技大学副教授, 主要从事农业保险、农业资源与环境经济研究。近年来主持教育部人文社会科学项目、山东省社会科学规划项目等省部级课题, 参与国家自然科学基金、国家自然科学基金项目 10 余项, 在《农业技术经济》等国内外核心期刊发表学术论文 10 余篇。担任省级哲学社会科学青年人才团队“数字经济与绿色低碳”及高校青年创新团队“黄河中下游省域数字经济高质量发展驱动产业链优化研究”核心成员。



通讯作者简介: 易福金, 浙江大学教授、博士生导师, 农业风险管理与安全发展研究中心主任, 主要从事农业政策、风险管理及农村发展等领域的研究。连续主持国家自然科学基金重点项目、国家社会科学基金重点项目、自然科学基金面上项目、自然科学基金青年项目、EEPSEA 国际合作项目、教育部项目等近 20 项。在《管理世界》《经济学(季刊)》等期刊发表学术论文近 80 篇, 以第一作者获得教育部高等学校优秀成果奖(人文社科类)、中国农村发展研究奖论文提名奖和金融图书金羊奖。