



柴智慧,贾诗雨,高翠玲. 农业保险对农业绿色全要素生产率的影响[J]. 中国农业大学学报,2026,31(04):345-358.

CHAI Zhihui, JIA Shiyu, GAO Cuiling. Impact of agricultural insurance on the green total factor productivity in agriculture[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(04): 345-358.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.04.26

农业保险对农业绿色全要素生产率的影响

柴智慧¹ 贾诗雨¹ 高翠玲^{2*}

(1. 内蒙古农业大学 经济管理学院, 呼和浩特 010018;

2. 内蒙古农业大学 人文社会科学学院, 呼和浩特 010018)

摘 要 基于2008—2023年中国30个省份(统计数据不含西藏和港澳台)的面板数据,运用非期望超效率SBM(Slacks-Based measure model)模型结合GML(Global-Malmquist-Luenberger)指数测算农业绿色全要素生产率(Agricultural green total factor productivity, AGTFP),并采用双向固定效应模型和中介效应模型,实证检验农业保险发展水平对AGTFP的影响及作用机制。结果表明:1)农业保险发展水平对AGTFP具有显著正向效应,人均保费收入每提高1%,AGTFP相应增长0.029%,且该结论在解决内生性问题后依然稳健;2)机制分析表明,农业技术进步和化肥施用强度是农业保险提升AGTFP的2条重要传导路径;3)异质性分析发现,在非粮食主产区和中高自然风险地区,农业保险对绿色生产的影响更为突出,对AGTFP的促进作用更为显著。据此,提出强化顶层设计,提升农业保险绿色覆盖效能;优化财政激励,促进技术进步与化肥减量;聚焦区域特性,提升保险政策实施精准度等政策建议。

关键词 农业保险; 农业绿色全要素生产率; SBM-GML模型; 化肥施用强度

中图分类号 F840.66

文章编号 1007-4333(2026)04-0345-14

文献标志码 A

Impact of agricultural insurance on the green total factor productivity in agriculture

CHAI Zhihui¹, JIA Shiyu¹, GAO Cuiling^{2*}

(1. College of Economics and Management, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. College of Humanities and Social Sciences, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

Abstract Based on the 2008-2023 panel data of 30 Chinese provinces (Data do not include those of Xizang, Hong Kong, Macao and Taiwan regions), this study adopts undesired super-efficiency Slacks-Based Measure (SBM) model combined with GML (Global-Malmquist-Luenberger) index to measure the agricultural green total factor productivity (AGTFP). Two-way fixed effect model and mediation effect model are used to analyze the AGTFP, an empirical test of the impact of the development level of agricultural insurance on AGTFP and its mechanism. The results show that: 1) The development level of agricultural insurance has a significant positive effect on AGTFP. For every 1% increase in per capita premium income, AGTFP increases by 0.029%, and this conclusion is still robust after solving the endogeneity problem. 2) Mechanism analysis shows that agricultural technology progress and fertilizer application intensity are two important transmission paths for agricultural insurance to enhance AGTFP. 3) Heterogeneity analysis shows that in non-grain-producing areas and medium-

收稿日期: 2025-07-06; 接受日期: 2025-11-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(72463026和72063024); 内蒙古自治区自然科学基金项目(2024MS07011); 内蒙古自治区直属高校基本科研业务费(BR230303); 内蒙古自治区教育厅专项课题(STAQZX202301); 内蒙古自治区社会科学基金项目(2024EY41)

第一作者: 柴智慧(ORCID:0000-0003-1102-9485), 教授, 主要从事农村金融和保险、草原畜牧业经济研究, E-mail: nmndczh@imau.edu.cn

通讯作者: 高翠玲(ORCID:0009-0002-8444-1593), 教授, 主要从事农牧区综合发展研究, E-mail: gaocuipeng@163.com

high natural risk areas, agricultural insurance has a more prominent impact on green production and a more significant role in promoting AGTFP. Accordingly, this study puts forward three policy suggestions that include strengthening the top-level design to improve the efficiency of green coverage of agricultural insurance, optimizing financial incentives to promote technological progress and fertilizer reduction, and focusing on regional characteristics to improve the accuracy of insurance policy implementation.

Keywords agricultural insurance; agricultural green total factor productivity; SBM-GML model; fertilizer application intensity

党的二十大报告提出:“推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节”^[1]。在此背景下,提升农业全要素生产率,特别是绿色全要素生产率,对于推动农业现代化进程、实现农业可持续发展至关重要。农业绿色全要素生产率(Agricultural green total factor productivity, AGTFP)不仅涵盖传统意义上生产效率的提升,还将生产过程中资源利用的高效性以及环境影响的低负性^[2]纳入考量范畴,是衡量农业绿色转型发展和生态文明建设的关键指标。

近年来,农业保险作为支持农业高质量发展的重要金融工具,在促进 AGTFP 提升方面的作用日益凸显。2024 年中国农业保险保费规模达 1 521 亿元,同比增长 6%,为 1.47 亿户次农户提供风险保障超 5 万亿元^[3]。农业保险跨越式发展不仅表明其在稳定农业产出、保障农民收益等方面具有显著成效,更揭示其在推动农业绿色发展方面蕴藏巨大潜力。在政策层面,国家通过《农业农村部关于加快农业发展全面绿色转型促进乡村生态振兴的指导意见》^[4]《“十四五”全国农业绿色发展规划》^[5]等一系列文件,明确了农业保险在农业绿色发展中的作用。

现有研究在探讨农业绿色全要素生产率时,通常从环境规制^[6]、数字普惠金融^[7]、农业产业结构^[8]等多个维度进行影响因素分析。有关农业保险对 AGTFP 的影响,多聚焦于其对农业产出^[9]、农业面源污染^[10]和农业碳排放^[11]等方面的作用,而对于农业保险究竟是推动还是阻碍农业绿色发展的关键因素,学术界尚未形成一致共识。一方面,有研究认为农业保险具有良好的资源环境效应,可促进 AGTFP 提高。郑军等^[12]基于柯布道格拉斯生产函数的研究框架,实证发现农业保险对农业绿色生产具有显著促进作用。张壮等^[13]以政策性农业保险试点为基础,构造渐进双重差分模型,进一步证实农业保险能够有效抑制试点地区的农业碳排放,从

而改善农业生态环境。段湘冬等^[14]从农户生产规模分化视角出发,发现小麦完全成本保险显著减少参保农户的农药使用次数,这表明农业保险在推动绿色转型方面具有重要作用。类似结论也得到其他研究的支持,如周月书等^[15]和王悦等^[16]均认为农业保险有利于提升 AGTFP。另一方面,也有研究对农业保险的环境效应提出质疑。Horowitz 等^[17]发现因道德风险存在,农作物保险可能会使农户增加化学品投入,对 AGTFP 产生不利影响。Li 等^[18]指出农业保险在一定程度上会加剧大气污染,破坏农业生态环境,从而抵消其对农业绿色发展水平提升的部分正面作用。

尽管现有研究从多角度深入探讨了农业保险对农业生态环境和 AGTFP 的影响,但针对农业保险发展水平如何影响包含碳排放和碳汇量统一分析框架下的 AGTFP,目前相关研究较为有限。在农业保险发展水平不断提升的背景下,本研究基于 2008—2023 年中国 30 个省份(统计数据不含西藏和港澳台)的面板数据,采用非期望超效率 SBM 模型(Slacks-based Measure)结合 GML 指数(Global-Malmquist-Luenberger)测算 AGTFP,并运用双向固定效应模型进行回归分析,以阐明农业保险发展水平对 AGTFP 的影响程度与影响路径,以期对相关决策机构提供从保险视角推动农业绿色转型发展的决策依据。

1 理论分析

在当前中国“科技兴农,绿色兴农”的战略导向下,农业保险凭借其保障性与政策性双重功能,成为推动农业技术进步与农业绿色生产的重要政策工具。从保障性角度而言,农业保险通过跨期风险分散与集体共担机制,显著降低了农户采用新技术的预期损失,从而削弱其风险厌恶程度,推动其决策偏好从风险规避向风险中性转变^[19]。依据前景理论,稳定的收入预期能够提升农户对技术风险溢

价的承受能力,重塑农户的决策框架,提高对环境友好型新技术的采纳与投资意愿^[20],这一机制促使农户的决策导向从追求短期产量最大化逐步转向长期生态价值最大化,为农业技术进步与农业绿色全要素生产率提升创造有利条件。从政策性角度分析,依据公共物品与政府干预理论,农业技术进步具有明显的正外部性,仅靠市场机制难以实现高效资源配置与技术广泛采用。农业保险采用保费补贴等政策手段降低农户参保成本,并通过“风险对冲—收入稳定—技术迭代”的传导路径,显著增强其对环境友好型等新技术的采纳强度^[21]。随着农业保险不断发展,成功采用新技术并获得赔偿的案例产生了积极的示范效应^[22],通过知识溢出进一步加速绿色生产技术的示范与推广,从而全面促进AGTFP提升。

依据风险规避理论,由于农户普遍厌恶产量损失,易引发化肥农药的预防性超量施用^[23],而农业保险的损失支付功能,可以改善农户面临的灾害损失环境,进一步降低其投入的农用化学要素边际损失控制效益^[24]。因此,理论上可认为在农用化学要素价格等其他条件不发生改变的情况下,农业保险具有农用化肥减施效应,可降低农户此类非理性避险行为。同时,农业保险有助于促进土地流转与农业规模经营^[25],规模扩大更易推行标准化、减量化的施肥模式,实现化肥投入的规模经济与效率提升,从而进一步优化单位面积化肥施用强度,减轻农业面源污染^[26],显著提升AGTFP。然而,这一过程受到信息不对称背景下潜在道德风险的制约,农业保险可能诱发农户减少绿色生产要素投入,疏于环境管理,甚至为追求短期收益而粗放施用化肥^[27],造成AGTFP损失。当前多数研究认为,农业保险的绿色促进效应仍占据主导^[28]。

据此,提出如下研究假说:

假说1,农业保险发展水平可促进AGTFP提升。

假说2,农业保险通过促进农业技术进步进而提升AGTFP。

假说3,农业保险通过优化化肥施用强度进而提升AGTFP。

2 农业绿色全要素生产率的测算

2.1 测算方法

非期望超效率SBM模型不仅能够有效克服传

统方向性距离函数存在的径向性与导向性局限,还能精细比较各有效决策单元之间的效率差异。因此本研究参考Tone^[29]的研究,采用如下公式计算农业绿色全要素生产率:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_i}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{k=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_r^g} + \sum_{k=1}^{s_2} \frac{s_k^b}{y_k^b} \right)} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} x_0 = \lambda x + s^- \\ y_0^g = \lambda y^g - s^g \\ y_0^b = \lambda y^b - s^b \\ s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0 \end{cases}$$

式中: ρ 为决策单元的效率,当 $\rho \geq 1$ 时,表明决策单元有效率;当 $\rho < 1$ 时,则表明决策单元存在效率损失,需进一步改进其投入产出; m 、 s_1 、 s_2 分别为投入指标个数、期望产出指标个数和非期望产出指标个数; k 为决策单元; s_i^- 和 x_i 分别为投入冗余和投入变量; x 、 y^g 、 y^b 分别为决策单元估计需要的投入、期望产出和非期望产出变量值; s^- 、 s^g 、 s^b 分别为投入冗余、期望产出不足和非期望产出过剩; s_r^g 和 y_r^g 分别为期望产出不足和期望产出变量; s_k^b 和 y_k^b 分别为非期望产出冗余和非期望产出变量; λ 为权重向量。

为实现生产率的跨期比较,参考马国群等^[30]的研究,采用GML指数测度研究期内AGTFP的动态变化,并将GML指数生产率分解为绿色技术效率指数(Green technical efficiency, GEC)和绿色技术进步指数(Green technical progress, GTC),计算式为:

$$\text{GML}^{t,t+1}(x^t, y^t, b^t, x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) = \frac{1 + D_G^T(x^t, y^t, b^t)}{1 + D_G^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} = \text{GEC}^{t,t+1} \times \text{GTC}^{t,t+1} \quad (2)$$

式中: x 为投入要素; y 为期望产出; b 为非期望产出; $D_G^T(x^t, y^t, b^t)$ 和 $D_G^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})$ 分别为 t 时期和 $t+1$ 时期的全局方向性距离函数;GML^{*t,t+1*}表示 $t+1$ 时期相对于 t 时期的效率值,GML^{*t,t+1*}指数 >1 、 <1 和 $=1$ 时分别表示从 t 时期到 $t+1$ 时期效率增长、下降和不变;GML指数可进一步分解为效率变化指数GEC^{*t,t+1*}和技术进步指数GTC^{*t,t+1*},其中,GEC^{*t,t+1*}和GTC^{*t,t+1*}取值 >1 ,则分别表示从 t 时期到 $t+1$ 时期农业绿色技术效率提高和绿色技

术进步,反之则分别表明农业绿色技术效率恶化和绿色技术退步。

2.2 变量选取

本研究从投入产出角度出发,选取5项投入指标、2项期望产出指标和1项非期望产出指标,构建农业绿色全要素生产率投入产出指标体系见表1。各指标数据源自《中国农村统计年鉴》^[31]以及各省统计年鉴。

表1 农业绿色全要素生产率投入产出指标体系
Table 1 Input-output index system of AGTFP

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	变量 Variable
投入指标 Input index	土地	农作物播种面积, km ²
	化肥	农用化肥施用折纯量, 10 ⁴ t
	劳动力	种植业从业人数, 万人
	机械	农用机械总动力, 10 ⁴ kW
	灌溉	农作物有效灌溉面积, km ²
产出指标 Output index	期望产出	农业总产值, 亿元
		农业生产碳汇量, 10 ⁴ t
	非期望产出	农业碳排放量, 10 ⁴ t

表2 主要粮食作物经济系数、含水量及碳吸收率

Table 2 Economic coefficient, water content and carbon absorption rate of major food crops

作物 Crop	经济系数 Economic coefficient	含水量/% Water content	碳吸收率 Carbon absorption rate
小麦 Wheat	0.40	12	0.485
水稻 Rice	0.45	12	0.414
玉米 Corn	0.40	13	0.471
谷子 Millet	0.42	12	0.450
高粱 Sorghum	0.35	12	0.450
豆类 Beans	0.34	13	0.450
薯类 Potato	0.70	70	0.423

2.2.3 非期望产出变量

本研究基于李波等^[34]和丁宝根等^[35]构建的农业碳排放核算框架,将农业生产过程中柴油、化肥、农药、农膜、灌溉及翻耕等6类碳排放源的碳排放量作为非期望产出变量进行测算,计算公式为:

$$T = \sum T_i = \sum Y_i \times \epsilon_i \tag{4}$$

式中: T 为农业碳排放总量; T_i 为碳排放源 i 的碳排放量; Y_i 为碳排放源投入量; ϵ_i 为碳排放系数,不同

2.2.1 投入变量

本研究借鉴已有研究^[32-33]并综合考量数据可得性,选取土地、化肥、劳动力、机械和灌溉投入为核心投入变量。鉴于现有官方数据并未公布农林牧渔业分部门的就业人员数量,本研究通过间接计算得到种植业劳动力投入:

$$\text{种植业劳动力投入} = \text{农林牧渔业从业人数} \times (\text{农业总产值} / \text{农林牧渔业总产值})$$

2.2.2 期望产出变量

期望产出为农业总产值和农业生产碳汇量。为剔除价格因素影响,农业总产值以2007年为基期,采用农产品生产价格指数(2007年农产品生产价格指数=100)进行平减处理。农业生产碳汇量参考周月书等^[15]的方法,基于主要粮食作物全生命周期光合作用的碳吸收量进行测算,测算公式为:

$$H = \sum_{i=1}^k H_i = \sum_{i=1}^k s_i \times Y_i \times (1 - r) / E_i \tag{3}$$

式中: H 为农业生产碳汇总量,万t; H_i 为第 i 种作物通过光合作用产生的碳吸收量,万t; Y_i 为第 i 种农作物产量,万t; k 为作物种类; s_i 为作物的碳吸收率; r 为作物的含水量,%; E_i 为作物的经济系数。主要粮食作物的经济系数、含水量及碳吸收率参数见表2。

碳排放源的碳排放系数见表3。

2.3 测算结果

本研究运用SBM-GML模型,借助MATLAB软件计算2008—2023年中国30个省份(统计数据不含西藏和港澳台)农业绿色全要素生产率(AGTFP),并将其分解为绿色技术效率指数(GEC)和绿色技术进步指数(GTC)。为更精准反映各指标在研究期内的长期平均变动水平,进

表 3 农业主要碳排放源和碳排放系数

Table 3 Main carbon emission sources and carbon emission coefficients in agriculture

碳排放源	碳排放系数	来源
Carbon emission sources	Carbon emission coefficients	Reference sources
柴油 Diesel oil	0. 59 kg/kg	IPCC2007 ^[36]
化肥 Fertilizer	0. 89 kg/kg	美国橡树岭国家实验室 ^[37]
农药 Pesticide	4. 93 kg/kg	
农膜 Agricultural film	5. 18 kg/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所 ^[38]
灌溉 Irrigation	266. 48 kg/hm ²	段华平等 ^[39]
翻耕 Ploughing	312. 60 kg/km ²	李波等 ^[34]

一步计算了 30 个省份 AGTFP、GEC 和 GTC 的几何平均值,结果见表 4。中国 30 个省份 AGTFP 指数均大于 1,表明研究期内所有样本省份的 AGTFP 均呈现长期上升趋势,整体效率水平较高;其中,GTC 指数普遍高于 GEC 指数,表明技术进步较好地发挥了效率水平,成为推动 AGTFP 的主要因素,而技术效率变化指数相对稳定,对 AGTFP 增长的贡献度较小。

表 4 2008—2023 年农业绿色全要素生产率及其分解结果

Table 4 AGTFP and its decomposition results from 2008 to 2023

地区	农业绿色全要素生产率	绿色技术效率指数	绿色技术进步指数	地区	农业绿色全要素生产率	绿色技术效率指数	绿色技术进步指数
Region	AGTFP	GEC	GTC	Region	AGTFP	GEC	GTC
北京 Beijing	1. 030 9	1. 012 4	1. 028 0	河南 Henan	1. 061 8	1. 001 1	1. 059 9
天津 Tianjin	1. 061 5	1. 052 2	1. 022 5	湖北 Hubei	1. 019 1	0. 996 4	1. 023 4
河北 Hebei	1. 032 3	1. 003 2	1. 045 9	湖南 Hunan	1. 015 2	0. 982 3	1. 035 9
山西 Shanxi	1. 036 2	1. 018 2	1. 019 4	广东 Guangdong	1. 034 7	0. 999 1	1. 035 0
内蒙古 Inner Mongolia	1. 027 4	1. 002 4	1. 026 7	广西 Guangxi	1. 030 3	1. 035 7	1. 020 1
辽宁 Liaoning	1. 035 5	1. 000 9	1. 033 9	海南 Hainan	1. 012 6	1. 002 7	1. 009 5
吉林 Jilin	1. 027 6	1. 002 4	1. 023 1	重庆 Chongqing	1. 004 4	1. 000 1	1. 003 7
黑龙江 Heilongjiang	1. 061 4	1. 015 5	1. 046 1	四川 Sichuan	1. 037 0	0. 999 8	1. 036 3
上海 Shanghai	1. 005 5	0. 988 1	1. 017 1	贵州 Guizhou	1. 049 8	1. 027 4	1. 040 6
江苏 Jiangsu	1. 039 5	0. 994 0	1. 045 7	云南 Yunnan	1. 030 7	1. 012 0	1. 019 0
浙江 Zhejiang	1. 028 9	0. 974 3	1. 054 5	陕西 Shaanxi	1. 041 5	1. 033 4	1. 014 2
安徽 Anhui	1. 017 5	0. 992 5	1. 027 4	甘肃 Gansu	1. 033 9	1. 009 5	1. 024 8
福建 Fujian	1. 049 7	0. 999 8	1. 049 9	青海 Qinghai	1. 034 3	1. 018 6	1. 069 5
江西 Jiangxi	1. 023 6	1. 001 5	1. 042 6	宁夏 Ningxia	1. 020 3	1. 058 9	0. 993 3
山东 Shandong	1. 056 8	0. 998 8	1. 065 4	新疆 Xinjiang	1. 017 8	1. 020 4	1. 038 8

3 实证方法与数据

3.1 实证方法

3.1.1 基准回归模型

本研究建立双向固定效应模型探究农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率的影响,设定回归模型如下:

$$\ln D_{it} = \alpha_0 + \beta_0 \ln \text{AGTFP}_{it} + \theta_0 X_{it} + \mu_i + \tau_t + \varepsilon_{it}$$

(5)

式中: D_{it} 为省份*i*在第*t*年的农业保险发展水平,用农业保险人均保费收入进行衡量; AGTFP_{it} 为省份*i*在第*t*年的农业绿色全要素生产率; X_{it} 为一系列控制变量; α_0 为常数项; β_0 和 θ_0 为回归系数; μ_i 和 τ_t 分别为省份固定效应和时间固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

3.1.2 中介效应模型

为进一步考察农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率的作用机制,本研究参考江艇^[40]对中介效应的操作建议,着重检验农业保险对农业技术进步和化肥施用强度的作用,模型设定如下:

$$\ln Tec_{it} = \alpha_1 + \beta_1 \ln D_{it} + \theta_1 X_{it} + \mu_i + \tau_t + \epsilon_{it}$$

(6)

$$\ln Fert_{it} = \alpha_2 + \beta_2 \ln D_{it} + \theta_2 X_{it} + \mu_i + \tau_t + \epsilon_{it}$$

(7)

式中: Tec_{it} 为省份 i 第 t 年的农业技术进步; $Fert_{it}$ 为省份 i 第 t 年的化肥施用强度; α_1 和 α_2 为常数项; β_1 、 β_2 和 θ_1 、 θ_2 为回归系数。

3.2 变量设定及说明

- 1)被解释变量:农业绿色全要素生产率(AGTFP)。AGTFP是衡量农业生产效率与环境效益的综合指标,本研究基于测算的AGTFP,衡量资源投入、碳排放等因素对农业全要素生产率的影响。
- 2)核心解释变量:农业保险发展水平。采用农业保险人均保费收入衡量农业保险发展水平,该指标由各地区农业保险保费收入除以第一产业从业人数计算得出。
- 3)控制变量:选取财政支农水平、农业结构、经

济发展水平、农村用电量、城镇化率、对外开放程度、环境规制力度、平均受教育年限等作为控制变量,以控制政策环境、经济结构与地区特征等多维因素对AGTFP的潜在影响。

4)中介变量:农业技术进步。考虑数据的可及性和代表性,本研究参考卢京宇等^[41]的研究,选取绿色专利授权总数作为技术进步的量化指标,其可反映农业技术转移和成果转化的活跃程度,是评估农业技术进步的重要依据。

化肥施用强度。化肥施用强度通常作为表征农业面源污染程度的负向指标,故本研究选取农用地化肥施用折纯量占农作物播种总面积的比例衡量单位面积化肥施用强度。

3.3 数据来源

因政策性农业保险于2007年正式试点,故本研究选取2008—2023年中国30个省份(统计数据不含西藏及港澳台地区)的面板数据进行研究。数据源自《中国保险年鉴》^[42]、《中国统计年鉴》^[43]、《中国农村统计年鉴》^[31]、《中国人口和就业统计年鉴》^[44]、各省统计年鉴、中国研究数据服务平台(CNRDS)、国家统计局网站等。缺失的个别变量用插值法进行填补,变量描述性统计见表5。

表5 变量描述性统计
Table 5 Statistical description of variables

变量类别 Variable category	变量名称 Variable name	变量描述 Variable description	平均值 Mean value	标准差 Standard deviation
被解释变量 Explained variable	农业绿色全要素生产率	依据非期望超效率SBM模型测算得出	0.028	0.094
核心解释变量 Core explanatory variable	农业保险发展水平	各地区农业保险保费收入/各地区第一产业从业人数,元/人	0.538	1.475
中介变量 Intermediate variable	农业技术进步	绿色发明专利授权数+绿色实用新型专利授权数,件	7.251	1.564
	化肥施用强度	农用地化肥施用折纯量/农作物播种总面积, $10^4\text{t}/10^3\text{hm}^2$	0.036	0.013
控制变量 Control variable	财政支农水平	地方财政农林水事务支出/地方总支出	0.112	0.033
	农业结构	粮食播种面积/农作物总播种面积	0.658	0.144
	经济发展水平	人均地区生产总值,元/人	10.770	0.561
	农村用电量	各地区农村居民生产生活所耗电力总量, 10^8kWh	1.534	0.309
	城镇化率	城镇人口/总人口	0.587	0.130
	对外开放程度	地区进出口总额/地区生产总值	0.274	0.304
	环境规制力度	地方财政环境保护支出/地方总支出	0.030	0.010
	平均受教育年限	[未上学人口数 $\times 0$ +小学人数 $\times 6$ +初中人数 $\times 9$ +高中人数 $\times 12$ +(大专+本科+研究生) $\times 16$]/6岁及以上人口数,年	2.205	0.104

注:农业绿色全要素生产率、农业保险发展水平、农业技术进步、经济发展水平和农村用电量进行对数化处理。
Note: The total factor productivity of agricultural green development, the development level of agricultural insurance, agricultural technological progress, economic development level, and rural electricity consumption are processed logarithmically.

4 实证结果与分析

4.1 农业保险发展水平与农业绿色全要素生产率的基准回归

农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率的基准回归结果见表6。为确保估计结果的稳健性,本研究采用逐步回归法,模型1在未加入控制变量时,核心解释变量的估计系数已在5%水平上显著为正;模型9纳入所有控制变量后,其回归结果依然稳健,农业保险发展水平在1%水平上显著促进AGTFP,即人均保费收入每提高1%,AGTFP相应提升0.029%,故假说1得以验证。控制变量回归结果显示,平均受教育年限系数在5%水平显著为正,表明受教育程度较高的农户可能更注重农业生产的长期生态效益,能有效推动AGTFP增长。

4.2 机制分析

为检验农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率中介路径,参考已有研究思路^[40],纳入农业技术进步和化肥施用强度2个中介变量进行分析,结果见表7。

已有研究证实,农业技术进步具有碳减排^[45]、降低面源污染^[46]等环境效应,能够显著促进AGTFP提升^[47]。但部分传统产量导向型技术,其边际产出增长难以抵消相应的环境成本,可能加剧资源消耗与环境污染^[48]。农业保险的政策导向和风险保障功能引导技术进步向绿色化方向发展,通过提高资源利用效率和减少污染排放^[49],实现生产效率与生态效益的协同提升,成为驱动AGTFP增长的关键因素。以农业技术进步为中介变量的回归结果表明,农业保险发展水平在5%水平上对农业技术进步存在显著促进作用,故假说2得到验证。

现有研究普遍认为优化化肥施用强度可显著提升AGTFP^[50],其内在机制源于环境效率与生产效率的协同改善。化肥减量直接降低农业生产中的氮、磷等面源污染物排放^[51],显著提升农业环境效率;同时,优化化肥施用强度有助于增强土壤碳汇功能,提升耕地生产力,降低种植业碳排放强度^[52],从而改善全要素生产率。以化肥施用强度为中介变量的回归结果表明,农业保险发展水平在1%水平上显著负向影响化肥施用强度,故假说3得到验证。

4.3 稳健性检验

为验证回归结果的可靠性,采用以下方法进行稳健性检验:1)限定样本。鉴于北京、天津、上海和重庆的农业经济在整体经济中的比重相对较低,并且在环境保护方面受到更多关注,故本研究将4个直辖市样本剔除后重新估计,以排除可能造成的估计偏误。2)改变样本区间。考虑到2017年以前中国农业保险的保障水平以物化成本为主,故将样本区间限定在2008—2016年,以验证在农业保险发展初期阶段的估计结果是否依然稳健。3)剔除极端值。为减少异常值对结论的影响,本研究对样本数据进行前后1%缩尾处理。从各方程的估计结果(表8)看,与基准回归结果保持一致,说明稳健性检验通过。

4.4 内生性讨论

本研究实证表明农业保险发展水平有利于提高农业绿色全要素生产率,但考虑到二者之间可能存在反向因果问题,即在AGTFP较高的地区,农户的经营状况普遍更优,购买农业保险的概率可能更高。基于此,本研究参考郑军等^[53]的研究,采用农业保险人均保费收入滞后1期作为工具变量进行回归。在相关性方面,滞后1期的农业保险人均保费收入与当期的农业保险发展水平密切相关,能够有效反映农业保险市场的整体发展状况;在外生性方面,AGTFP增长的本质是依赖于技术进步、要素配置效率改善的中长期过程,在控制其他因素后,上一期的保险发展水平作为历史状态变量,对当期AGTFP的边际直接效应在理论上微乎其微。表9示出农业保险发展水平对AGTFP影响的工具变量回归结果:第一阶段的估计结果显示, F 统计量显著超过16.38的临界值,通过1%的置信水平检验,表明不存在弱工具变量问题;第二阶段回归结果表明,在修正内生性偏差后,农业保险发展水平对AGTFP的促进效应仍然在5%水平上显著为正。

4.5 异质性分析

本研究基于粮食产区与自然风险区进行划分,农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率影响的异质性分析结果见表10。

1)按粮食功能分区。由于不同粮食功能区在自然资源禀赋、种植结构及政策环境等方面存在显著差异,故将样本分为粮食主产区与非粮食主产区进行检验,回归结果显示,相较于粮食主产区,农业

表6 农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率的基准回归结果

Table 6 The benchmark regression results of the development level of agricultural insurance and the AGTFP

变量 Variable	模型1 Model 1	模型2 Model 2	模型3 Model 3	模型4 Model 4	模型5 Model 5	模型6 Model 6	模型7 Model 7	模型8 Model 8	模型9 Model 9
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level	0.026** (0.011)	0.026** (0.011)	0.026** (0.011)	0.026** (0.010)	0.024** (0.009)	0.025** (0.010)	0.026** (0.010)	0.026** (0.010)	0.029** (0.010)
财政支农水平 Level of fiscal support for agriculture		0.101 (0.365)	0.067 (0.372)	0.096 (0.382)	0.051 (0.374)	0.062 (0.364)	0.033 (0.364)	0.104 (0.347)	0.149 (0.327)
农业结构 Agricultural structure			-0.149 (0.131)	-0.122 (0.129)	-0.110 (0.131)	-0.096 (0.122)	-0.150 (0.151)	-0.169 (0.161)	-0.125 (0.152)
经济发展水平 Economic development level				0.040 (0.039)	0.027 (0.040)	0.041 (0.051)	0.038 (0.048)	0.037 (0.050)	0.042 (0.049)
农村用电量 Rural electricity consumption					0.034 (0.034)	0.037 (0.033)	0.033 (0.031)	0.032 (0.031)	0.035 (0.030)
城镇化率 Urbanization rate									
对外开放程度 Degree of openness to the outside world						-0.100 (0.217)	-0.240 (0.309)	-0.210 (0.292)	-0.231 (0.283)
环境规制力度 Intensity of environmental regulation							0.062 (0.068)	0.079 (0.073)	0.061 (0.069)
平均受教育年限 Average years of education								0.967 (0.751)	0.804 (0.712)
常数项 Constant term	-0.006 (0.022)	-0.015 (0.037)	0.086 (0.099)	-0.334 (0.443)	-0.262 (0.437)	-0.369 (0.475)	-0.240 (0.473)	-0.280 (0.507)	-0.536 (0.474)
样本量 Sample size	480	480	480	480	480	480	480	480	480
省份固定效应 Provincial fixed effect	是	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应 Year fixed effect	是	是	是	是	是	是	是	是	是
R ²	0.145	0.145	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.154	0.167

注：模型1仅对省份和年份加以控制；模型2—模型9依次纳入财政支农水平、农业结构、经济发展水平、农村用电量、城镇化率、对外开放程度、环境规制力度、平均受教育年限等控制变量进行回归。***、**、*分别表示在1%、5%、10%置信水平条件下显著；括号内为稳健标准误。下表同。

Note: Model 1 only controls for provinces and years; Models 2 to 9 successively incorporate control variables such as the level of fiscal support for agriculture, agricultural structure, economic development level, rural electricity consumption, urbanization rate, degree of opening up to the outside world, intensity of environmental regulation, and average years of education for regression. ***, **, and * respectively indicate that α is significant at 1%, 5%, and 10% confidence levels. The parentheses represent robust standard errors. The same below.

表 7 农业技术进步和化肥施用强度的中介效应检验结果

Table 7 Results of the mediating effect between agricultural technological progressand the fertilizer application intensity		
变量 Variable	农业技术进步 Agricultural technological progress	化肥施用强度 Fertilizer application intensity
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level	0. 121** (0. 050)	−0. 001*** (0. 000)
常数项 Constant term	−4. 936 (3. 981)	0. 065*** (0. 024)
样本量 Sample size	480	480
控制变量 Control variable	是	是
省份固定效应 Provincial fixed effect	是	是
年份固定效应 Year fixed effect	是	是
R ²	0. 965	0. 561

表 8 限定样本、改变样本区间和剔除极端值的稳健性检验结果

Table 8 The robustness test results of limiting the sample , changing the sample interval and eliminating extreme values						
变量 Variable	限定样本 Limited sample		改变样本区间 Change the sample interval		剔除极端值 Eliminate extreme values	
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level	0. 027** (0. 012)	0. 027** (0. 011)				
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level			0. 031** (0. 013)	0. 036** (0. 014)		
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level					0. 026** (0. 011)	0. 029*** (0. 010)
常数项 Constant term	0. 005 (0. 025)	−0. 141 (0. 530)	0. 001 (0. 028)	−0. 438 (0. 745)	−0. 006 (0. 022)	−0. 536 (0. 474)
样本量 Sample size	416	416	270	270	480	480
控制变量 Control variable	否	是	否	是	否	是
省份固定效应 Provincial fixed effect	是	是	是	是	是	是
年份固定效应 Year fixed effect	是	是	是	是	是	是
R ²	0. 104	0. 112	0. 089	0. 171	0. 115	0. 123

表9 农业保险发展水平对AGTFP影响的工具变量回归结果
Table 9 Regression results of instrumental variables on the impact of agricultural insurance development level on AGTFP

变量 Variable	第一阶段 The first stage	第二阶段 The second stage
人均保费收入滞后1期 The per capita premium income lags behind by one period	0.768*** (0.042)	
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level		0.019** (0.010)
常数项 Constant term	0.640 (3.622)	-0.718 (0.614)
控制变量 Control variable	是	是
一阶段F统计量 The first stage F-statistic	608.000	
省份固定效应 Provincial fixed effect	是	是
年份固定效应 Year fixed effect	是	是
R ²	0.956	0.176

表10 分粮食产区与自然风险区的异质性分析结果
Table 10 The heterogeneity analysis results of grain-producing areas and natural risk areas

变量 Variable	粮食主产区 Major grain-producing areas	非粮食主产区 Non-major grain-producing areas	低自然风险区 Low-natural risk areas	中高自然风险区 Medium-high natural risk areas
农业保险发展水平 Agricultural insurance development level	0.020 (0.022)	0.032** (0.012)	0.010 (0.008)	0.041** (0.014)
控制变量 Control variable	是	是	是	是
常数项 Constant term	0.257 (0.765)	-1.672** (0.770)	0.502 (0.970)	-0.657 (0.512)
样本量 Sample size	208	272	224	256
省份固定效应 Provincial fixed effect	是	是	是	是
年份固定效应 Year fixed effect	是	是	是	是
R ²	0.124	0.254	0.070	0.152

注:低自然风险区包括辽宁、吉林、江苏、江西、湖南、四川、北京、上海、浙江、福建、广东、广西、重庆、新疆等14个省份;中高自然风险区包括安徽、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、海南等16个省份。

Note: Low natural risk areas include Liaoning, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Hunan, Sichuan, Beijing, Shanghai, Zhejiang, Fujian, Guangdong, Guangxi, Chongqing, Xinjiang, and the other 14 provinces. The medium-high natural risk areas include Anhui, Shandong, Henan, Hubei, Tianjin, Hebei, Inner Mongolia, Heilongjiang, Shanxi, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Ningxia, Yunnan, Guizhou, Hainan, and 16 other provinces.

保险发展水平在非粮食主产区对农业绿色全要素生产率在5%水平上具有显著正向影响。

在非粮食主产区,受政策资源分配导向影响,绿色生产的政策支持力度较弱,且此区域以小规模经营农户为主体,资源禀赋有限,其风险敏感度极高,农业保险的“补短板”功能得以充分发挥,显著释放农业保险对AGTFP的提升潜力。反观粮食主产区,依托国家粮食安全战略,已构建起完善的绿色生产体系和高补贴覆盖率,形成较强的政策替代效应;同时,主产区以规模化经营主体为主,其资源禀赋较强,对绿色生产投入的风险承受力更高,因此农业保险对AGTFP边际促进作用有限。

2)按自然风险分区。由于不同自然风险区在灾害类型、发生频率及损失强度上存在显著差异,这些风险特征可能通过保险赔付效能、农户风险承受能力等渠道影响农业保险对农业绿色全要素生产率的作用。因此,参考徐雯等^[11]的研究,将中国30个省份(不含西藏和港澳台)划分为低自然风险区和中高自然风险区进行分组检验,回归结果显示,在中高自然风险区,农业保险对AGTFP在5%水平上具有显著正向影响,而在低自然风险地区未产生显著影响。

在中高自然风险区,自然灾害频发且损失显著,农户对绿色生产的投资意愿因“高风险—高沉没成本”的双重约束而受到抑制,农业保险的抗灾价值能有效避免农户因短期风险冲击而中断长期绿色生产转型进程,为AGTFP提升提供稳定支撑。在低自然风险区,自然风险的发生概率与损失强度均处于较低水平,农户对绿色生产的风险顾虑相对较少,这使得农业保险的保障功能在需求侧呈现冗余特征,农业保险对AGTFP的激励效应被弱化。

5 结论与对策建议

本研究基于2008—2023年中国30个省份(统计数据不含西藏和港澳台)的面板数据,探究农业保险发展水平对农业绿色全要素生产率的影响,得到如下主要结论:农业保险发展水平能够显著促进AGTFP增长,即农业保险人均保费收入每增加1%,AGTFP相应增加0.029%。机制分析发现,农业技术进步和化肥施用强度是2条重要的传导路径,农业保险凭借其保障性和政策性双重属性,能够推动农业技术进步,并优化化肥施用强度,从而

促进AGTFP提升。异质性分析表明,农业保险对AGTFP的影响存在区域差异。相较于粮食主产区,农业保险在非粮食主产区表现出更强的“补短板”效应,对AGTFP的提升具有更为显著的驱动作用;在中高自然风险区域,农业保险的风险保障功能与农户风险防控需求高度匹配,从而对AGTFP产生显著正向影响,而在低自然风险区未产生显著影响。

根据上述结论,提出以下对策建议:

1)强化顶层设计,提升农业保险的绿色覆盖效能。建立农业农村、生态环境与金融监管部门协同机制,统筹推进绿色保险产品创新,重点推出与低碳种植、有机肥替代等绿色生产挂钩的创新险种,提高农业保险服务绿色转型发展的能力。

2)优化财政激励,促进技术进步与化肥减量。建立基于技术使用实效与化肥施用强度的财政—保险联动机制,对采用绿色先进技术和实现化肥减量增效的农户提供分级保费补贴;将卫星遥感监测的资源利用率与化肥施用强度等数据纳入优惠评定体系,对连续达标者开放保险理赔绿色通道,推动农业绿色全要素生产率持续提升。

3)聚焦区域特性,提升保险政策实施精准度。在非粮食主产区,侧重开发适配地方特色产业的绿色普惠型保险产品,使农业保险成为推动农业绿色发展的重要制度支撑;在粮食主产区,将规模化主体的绿色生产达标率与保险补贴额度联动,避免补贴政策对保险功能的替代,强化保险对稳产保供和生态转型的双重支持。在中高风险区,构建“农业保险+巨灾分散+防灾减灾”的复合保障体系,将保障范围延伸至灾前预防,增强农户绿色生产稳定性;在低风险区,探索“农业保险+生态补偿”模式,将碳汇增量、生物多样性保护等生态指标纳入保险权益,提升农户参保主动性,使农业保险成为农业绿色转型的有效手段。

参考文献 References

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗:在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[R]. 北京:人民出版社,2022
- Xi J P. Hold high the great banner of socialism with Chinese characteristics and strive in unity to build a modern socialist country in all respects: Report to the 20th national congress of the communist party of china [R]. Beijing: People's Publishing House, 2022 (in Chinese)

- [2] 田云, 廖华. 两阶段视角下中国农业绿色发展效率测度、演进特征及空间溢出效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(10): 160-172
Tian Y, Liao H. Efficiency measurement, evolution characteristics and spatial spillover effects of agriculture green development in China from a two-stage perspective[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2024, 34(10): 160-172 (in Chinese)
- [3] 巩丽慧. 2024年我国农业保险保费规模超1500亿元[EB/OL]. (2025-12-19). https://content-static.cctvnews.cctv.com/snow-book/index.html?item_id=7868955003778266517
Gong L H. China's agricultural insurance premium income surpasses 150 billion yuan in 2024[EB/OL]. (2025-12-19). https://content-static.cctvnews.cctv.com/snow-book/index.html?item_id=7868955003778266517 (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国农业农村部. 加快农业发展全面绿色转型促进乡村生态振兴的指导意见[EB/OL]. (2025-10-09). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202412/content_6995343.htm
Ministry of Agriculture and Rural Development of the People's Republic of China. Guidelines accelerating the comprehensive green transformation of agricultural development to promote rural ecological revitalization[EB/OL]. (2025-10-09). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202412/content_6995343.htm (in Chinese)
- [5] 中华人民共和国农业农村部国家发展改革委, 科技部, 自然资源部, 生态环境部, 国家林草局. “十四五”全国农业绿色发展规划[EB/OL]. (2025-10-09). https://www.moa.gov.cn/nybg/2021/202109/202112/t20211207_6384020.htm
Ministry of Agriculture and Rural Development of the People's Republic of China, National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology, Ministry of Natural Resources, Ministry of Ecology and Environment, State Forestry and Grassland Administration. 14th Five-Year national agricultural green development plan [EB/OL]. (2025-10-09). https://www.moa.gov.cn/nybg/2021/202109/202112/t20211207_6384020.htm (in Chinese)
- [6] Tong L, Chiappetta Jabbour C J, Ben Belgacem S, Najam H, Abbas J. Role of environmental regulations, green finance, and investment in green technologies in green total factor productivity: Empirical evidence from Asian region[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 380: 134930
- [7] 安红霞. 数字普惠金融对农业绿色全要素生产率的影响机制及空间溢出效应[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(18): 288-296
An H X. Influence mechanism and spatial spillover effect of digital inclusive finance on agricultural green total factor productivity[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2024, 52(18): 288-296 (in Chinese)
- [8] 金芳, 金荣学. 农业产业结构变迁对绿色全要素生产率增长的空间效应分析[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2020(1): 124-134, 168-169
Jin F, Jin R X. Analysis on the spatial effects of agricultural industrial structure on agricultural green total factor productivity [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2020(1): 124-134, 168-169 (in Chinese)
- [9] 周稳海, 赵桂玲, 尹成远. 农业保险对农业生产影响效应的实证研究: 基于河北省面板数据和动态差分GMM模型[J]. 保险研究, 2015(5): 60-68
Zhou W H, Zhao G L, Yin C Y. An empirical study on the effect of agricultural insurance on agricultural production: Based on panel data of Hebei Province and the dynamic and difference GMM model[J]. *Insurance Studies*, 2015(5): 60-68 (in Chinese)
- [10] 马九杰, 杨晨, 崔恒瑜, 王雪. 农业保险的环境效应及影响机制: 从中国化肥面源污染视角的考察[J]. 保险研究, 2021(9): 46-61
Ma J J, Yang C, Cui H Y, Wang X. The environmental effect and formation mechanisms of the promotion of agricultural insurance: From the perspective of non-point source pollution of chemical fertilizers in China[J]. *Insurance Studies*, 2021(9): 46-61 (in Chinese)
- [11] 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)
- [12] 郑军, 赵维娜. 农业保险对中国绿色农业生产的影响: 基于农业技术进步的中介效应[J]. 资源科学, 2023, 45(12): 2414-2432
Zheng J, Zhao W N. Impact of agricultural insurance on green agricultural production in China: Based on the mediation effect of agricultural technology progress[J]. *Resources Science*, 2023, 45(12): 2414-2432 (in Chinese)
- [13] 张社, 田云, 陈池波. 政策性农业保险能引导农业碳减排吗?[J]. 湖南农业大学学报: 社会科学版, 2023, 24(2): 29-38
Zhang Z, Tian Y, Chen C B. Can policy-supported agricultural insurance guide agricultural carbon emission reduction? [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Sciences*, 2023, 24(2): 29-38 (in Chinese)
- [14] 段湘冬, 赵友平, 吴银毫. 规模分化视角下小麦完全成本保险对农药使用的影响: 基于河南小麦完全成本保险试点区的调研[J]. 金融理论与实践, 2023(9): 109-118
Duan X D, Zhao Y P, Wu Y H. Effect of full cost insurance for wheat on pesticide application from the perspective of scale differentiation: Based on full cost insurance for wheat pilot area research in Henan Province [J]. *Financial Theory & Practice*, 2023(9): 109-118 (in Chinese)
- [15] 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)
- [16] 王悦, 杨骁, 张伟科. 农业保险发展对农村全要素生产率的影响研究: 基于空间计量模型的实证分析[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2019(6): 70-77, 162-163
Wang Y, Yang X, Zhang W K. Study on the impact of the development of the agricultural insurance on the total factor productivity of rural areas: Based on spatial econometric panel model[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2019(6): 70-77, 162-163 (in Chinese)
- [17] Horowitz J K, Lichtenberg E. Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1993, 75(4): 926-935
- [18] Li H J, Tang M Q, Cao A D, Guo L L. Assessing the relationship between air pollution, agricultural insurance, and agricultural green total factor productivity: Evidence from China[J]. *Environmental Science and Pollution Research International*, 2022, 29(52): 78381-78395
- [19] 宁才旺, 胡文斌, 熊飞雪, 游成勋, 章磊, 朱述斌. 政策性农业保险、农户分化对粮食单产的影响: 以江西为例[J]. 农业现代化研究, 2024, 45(2): 197-209
Ning C W, Hu W B, Xiong F X, You C X, Zhang L, Zhu S B. The influence of policy-based agricultural insurance and farmer differentiation on grain yield: Evidence from Jiangxi Province [J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2024, 45(2): 197-209 (in Chinese)
- [20] Wei D, Liu Y, Wang K, Zhang Q. Can crop insurance encourage farmers to adopt environmentally friendly agricultural technology: The evidence from Shandong Province in China[J]. *Sustainability*, 2021, 13(24): 13843
- [21] 柴智慧, 李艾楠, 褚冠军. 农业保险保障水平对农业生产效率的影响: 基于4个粮食主产省农户调研数据的实证[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(8): 240-254
Chai Z H, Li A T, Lu G J. Influence of agricultural insurance coverage level

- on production efficiency: Empirical evidence based on the data of farmers in four major grain-producing provinces[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(8): 240-254 (in Chinese)
- [22] 谭永凤, 陆迁. 风险规避、社会学习对农户现代灌溉技术采纳行为的影响: 基于 Heckman 样本选择模型的实证分析[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(1): 234-245
- Tan Y F, Lu Q. Risk aversion, social learning and farmer's adoption of modern irrigation technology: An empirical analysis by Heckman sample selection model[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(1): 234-245 (in Chinese)
- [23] 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)
- [24] 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)
- [25] 柴智慧, 张晓夏. 农业保险政策渐进式改革与种植结构调整: 基于省级数据的实证[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(10): 275-290
- Chai Z H, Zhang X X. Gradual reform of agricultural insurance policy and planting structure adjustment: An empirical study based on provincial data[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(10): 275-290 (in Chinese)
- [26] Wu Y Y, Xi X C, Tang X, Luo D M, Gu B J, Lam S K, Vitousek P M, Chen D L. Policy distortions, farm size, and the overuse of agricultural chemicals in China[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2018, 115(27): 7010-7015
- [27] 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)
- [28] 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)
- [29] Tone K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks-based measure (SBM) approach[R]. Toronto: Presentation at NAPW III, 2003
- [30] 马国群, 谭视文. 环境规制对农业绿色全要素生产率的影响研究: 基于面板门槛模型的分析[J]. 农业技术经济, 2021(5): 77-92
- Ma G Q, Tan Y W. Impact of environmental regulation on agricultural green total factor productivity: Analysis based on the panel threshold model[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(5): 77-92 (in Chinese)
- [31] 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, 2008—2023
- Rural Socioeconomic Survey Division of the National Bureau of Statistics. *China Rural Statistical Year Book* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2008—2023 (in Chinese)
- [32] 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, 14(2): 537-558
- Li G C. The green productivity revolution of agriculture in China from 1978 to 2008[J]. *China Economic Quarterly*, 2014, 14(2): 537-558 (in Chinese)
- [33] 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 (in Chinese)
- [34] 李波, 张俊彪, 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
- Li B, Zhang J B, Li H P. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(8): 80-86 (in Chinese)
- [35] 丁宝根, 赵玉, 邓俊红. 中国种植业碳排放的测度、脱钩特征及驱动因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2022, 43(5): 1-11
- Ding B G, Zhao Y, Deng J H. Calculation, decoupling effects and driving factors of carbon emission from planting industry in China[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2022, 43(5): 1-11 (in Chinese)
- [36] Intergovernmental Panel on Climate Change. *The Physical Science Basis: Contribution to the Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. New York: Cambridge University Press, 2007
- [37] 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 and Environment*, 2002, 91(1-3): 217-232
- [38] 田云, 张俊彪, 李波. 中国农业碳排放研究: 测算、时空比较及脱钩效应[J]. 资源科学, 2012, 34(11): 2097-2105
- Tian Y, Zhang J B, Li B. Agricultural carbon emissions in China: Calculation, spatial-temporal comparison and decoupling effects[J]. *Resources Science*, 2012, 34(11): 2097-2105 (in Chinese)
- [39] 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)
- [40] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济, 2022(5): 100-120
- Jiang T. Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]. *China Industrial Economics*, 2022(5): 100-120 (in Chinese)
- [41] 卢京宇, 郭俊华, 李振华. 数字经济与农业绿色增长: 基于投入产出结构与技术赋能视角[J]. 统计与决策, 2025, 41(3): 24-29
- Lu J Y, Guo J H, Li Z H. Digital economy and agricultural green growth: From the perspective of input-output structure and technology empowerment[J]. *Statistics & Decision*, 2025, 41(3): 24-29 (in Chinese)
- [42] 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, 2008—2023
- China Insurance Yearbook Committee. *China Insurance Yearbook* [M]. Beijing: China Insurance Yearbook Press, 2008—2023 (in Chinese)
- [43] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008—2023
- National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2008—2023 (in Chinese)
- [44] 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, 2008—2023
- Population and Employment Statistics Department of National Bureau of Statistics. *China Population and Employment Statistical Yearbook* [M].

- Beijing: China Statistics Press, 2008—2023 (in Chinese)
- [45] 田云,尹恣昊. 技术进步促进了农业能源减排吗? 基于回弹效应与空间溢出效应的检验[J]. 改革, 2021(12): 45-58
- Tian Y, Yin M H. Does technological progress promote carbon emission reduction of agricultural energy? Test based on rebound effect and spatial spillover effect[J]. *Reform*, 2021(12): 45-58 (in Chinese)
- [46] 闫桂权,何玉成,张晓恒. 绿色技术进步、农业经济增长与污染空间溢出: 来自中国农业水资源利用的证据[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2921-2935
- Yan G Q, He Y C, Zhang X H. Green technology progress, agricultural economic growth and pollution space spillover effect: Evidence of agricultural water utilization process in China[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(12): 2921-2935 (in Chinese)
- [47] 李成龙,周宏. 农业技术进步与碳排放强度关系: 不同影响路径下的实证分析[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(11): 162-171
- Li C L, Zhou H. Relationship between agricultural technology progress and carbon emission intensity: An empirical analysis under different influence paths[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(11): 162-171 (in Chinese)
- [48] 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的视角[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)
- [49] 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)
- [50] 刘红峰,刘惠良. “双碳”目标下湖南省农业绿色全要素生产率分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2024, 44(7): 184-192
- Liu H F, Liu H L. Analysis of green total factor productivity of agriculture in Hunan province under the “dual carbon” goal[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2024, 44(7): 184-192 (in Chinese)
- [51] 臧振峰,刘素华,李永华. 2001—2021年河南省农业面源污染时空分布特征及来源分析[J/OL]. 环境科学, 1-15(2025-09-12). <https://doi.org/10.13227/j.hjxx.202501147>
- Zang Z F, Liu S H, Li Y H. Spatial and temporal distribution characteristics and source analysis on agricultural non-point source pollution in Henan province from 2001 to 2021[J/OL]. *Environmental Science*, 1-15(2025-09-12) <https://doi.org/10.13227/j.hjxx.202501147> (in Chinese)
- [52] 李亚玲,陈同勤,易福金. “促进”或“抑制”: 农地经营规模扩大如何影响作物种植净碳汇效应[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2025(3): 53-66
- Li Y L, Chen T Q, Yi F J. “Promote” or “Inhibit”: How does the expansion farmland operation scale affect the net carbon sequestration effect in crop production[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2025(3): 53-66 (in Chinese)
- [53] 郑军,邓明珠. 农业保险、农业规模经营与农业绿色发展[J]. 华东经济管理, 2024, 38(1): 59-70
- Zheng J, Deng M Z. Agricultural insurance, agricultural scale operation and agricultural green development[J]. *East China Economic Management*, 2024, 38(1): 59-70 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春



第一作者简介: 柴智慧,男,教授,博士生导师,内蒙古农业大学经济管理学院院长。主要研究领域为农村金融和保险、草原畜牧业经济。近年来主持国家自然科学基金4项,主持其他各类各级课题20多项。发表学术论文40多篇,主编专著3部、参编教材/著作2部。研究成果荣获内蒙古自治区哲学社会科学优秀成果政府奖“贰等奖”2次。博士学位论文被评选为内蒙古自治区优秀博士学位论文。入选内蒙古自治区高等学校“青年科技英才计划”和“草原英才”工程青年创新人才。



通讯作者简介: 高翠玲,女,博士,教授,内蒙古农业大学人文社会科学学院,主要研究领域为农业经济管理,公共管理。近年来主持内蒙古自治区自然科学基金2项,主持社科基金6项。发表学术论文20余篇。主编专著1部,副主编教材4部。