

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20220926

• 问题研究 •

农业保险对农业固碳增效的影响及机制研究*

余宗昀¹, 孙乐¹, 陈盛伟^{1,2*}

(1. 山东农业大学经济管理学院, 泰安 271000; 2. 山东理工大学, 淄博 255000)

摘要 [目的] 探究农业保险通过改变农户生产行为, 进而影响农业固碳效果的作用路径。[方法] 文章基于2008—2019年中国30个省(市、自治区, 不含港澳台和西藏)的种植业数据, 构建有调节的并行多重中介效应模型, 分析农业保险发展水平对农业净碳汇的作用机制。[结果] (1) 从总体来看, 当前农业保险的发展抑制了农业固碳效果, 具体表现为农业保险增加了农业碳排放, 而对农业碳吸收没有显著影响; (2) 农业保险对农业净碳汇的影响有两条路径, 一是农业保险通过提升种植专业化水平促进农业净碳汇, 二是农业保险通过促进农业技术进步抑制农业净碳汇, 但环境规制会削弱农业技术进步对农业净碳汇的抑制作用; (3) 在异质性分析中, 西部农业保险发展的农业固碳效果要好于东部, 中部农业保险发展对农业固碳效果没有显著影响。[结论] (1) 提高对专业化规模生产主体的农业保险保费补贴比例, 以放大农业保险对农业净碳汇的促进作用; (2) 设计绿色农业产品保险, 引导农业生产者从事绿色农业生产经营, 减少一般机械投入对农业净碳汇产生的负向影响; (3) 提高农业保险政策与环境保护政策的配合程度, 在发展农业保险的同时, 加强农业环境保护政策的执行力度。

关键词 农业保险 种植专业化 农业技术进步 环境规制 农业固碳增效

中图分类号: F842.6 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2022]09-0263-10

0 引言

农业是温室气体排放的重要来源, 农业活动中排放的温室气体约占世界总排放量的30%^[1]。温室气体的大量排放导致全球气候持续变暖, 严重威胁人类的生存环境和自然生态系统的平衡。我国农业生产长期以产量优先, 呈现出“高投入、高产出、高污染、高排放”的粗放型增长趋势^[2], 对生态环境造成的影响值得关注。党的十八大以来, 国家高度重视生态文明建设。2021年9月《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》正式将碳达峰、碳中和纳入了生态文明建设布局, 并提出要“加快推进农业绿色发展, 促进农业固碳增效”。因此, 在保证农产品供给充足的前提下, 如何降低农业生产的环境成本、减少温室气体排放是当前研究的急需解决的问题。

农业保险作为分散农业风险的有效手段^[3], 对推进我国现代农业发展、稳定农民收入等具有重要作用。已有研究证明, 农业保险能够通过同一生产行为内部的收入替代水平、不同生产行为间的收入替代水平以及保险补偿水平三方面影响农户生产决策^[4]。由此引致的农户要素投入和新技术应用等生产行为的转变, 势必会对农业绿色发展以及农业碳中和产生影响。目前, 学术界已经从农业保险影响农业化学品投入角度研究了农业保险的环境效应^[5-7], 但在农业保险能否促进农业固碳增效方面还缺乏相关研究。因此, 文章基于种植业碳源、碳汇双重属性, 重点探讨农业保险发展水平影响农业固碳效果的作用机制。

收稿日期: 2022-01-28

作者简介: 余宗昀(1998—), 男, 山东日照人, 硕士生。研究方向: 农业保险

※通讯作者: 陈盛伟(1971—), 男, 山东青州人, 教授、博士生导师。研究方向: 农业保险。Email: chensw@sdau.edu.cn

*资助项目: 国家自然科学基金项目“玉米连续性和共生性致灾因子气象指数保险产品构建及差异性分析”(71773067); 国家自然科学基金项目“主粮作物天气指数保险的风险保障效率测度及影响机理研究——与传统农业保险的比较”(71803103)

1 文献综述

目前,与农业保险固碳增效相关的研究都集中在农业保险的环境效应和低碳农业的发展方面。

在农业保险的环境效应方面,学术界进行了广泛探讨。有学者发现,参加农业保险会促使农户施用更多的化肥和农药^[5],但该结论未得到学界的一致认可。另有学者研究认为,农业保险对化学要素投入的影响并不一致,农业保险参保行为会增加化肥和农膜的投入,但会降低农药施用量^[6]。在道德风险的驱使下,投保农户甚至会减少各类化学品的施用量^[7,8]。从上述研究可知,学界的研究结果虽然会由于所选样本、农业生产环境等不同而存在较大差异,但一致证明农业保险能够改变农户的农业化学品投入数量,从而对生态环境产生影响。尽管学界对农业保险的环境效应研究较多,但在农业保险影响农业固碳效果方面的研究较少。马九杰等^[9]利用规模—结构—技术效应的分析框架得出:农业保险能够通过经营规模和种植结构促进农业碳减排。但该研究仍需要深入探讨:其一,采用农业保险替代种植业保险,进而研究其对种植业碳排放产生的影响,所得结论可能有偏;其二,农业生产中除了碳排放,还存在农作物的碳吸收,缺少对碳吸收的考虑便无法衡量农业固碳效果。

关于低碳农业的发展方面,有学者基于化肥、农药等碳源,以排放因子法测算了我国种植业的碳排放量^[10],并探究了我国农业碳排放的集聚趋势和空间非均衡性^[11]。在此基础上,学界对影响农业碳排放的因素进行了分解,认为经济增长是农业碳排放的主要驱动因素,而技术进步则可以促进农业碳减排^[12]。此外,农地经营规模^[13]、农户专业化^[14]等都会对农业碳排放产生影响。除农业生产经营方面的因素外,农户的个体特征也是影响农业碳排放的原因,例如农户的风险承受能力会影响其低碳生产意愿,进而影响低碳生产行为^[15]。农业保险作为分散风险、稳定收入的有效手段,能够在一定程度上提高农户的风险承受阈值从而改变其低碳生产行为。从该角度来看,探究农业保险对低碳农业发展的影响具有重要意义。

相比已有研究,文章的主要贡献有两点:一是,该文同时测算了农业碳排放量和农作物本身的碳吸收量,更准确地反映农业净碳汇的趋势变化,有利于分析农业的固碳效果;二是,该文将研究对象聚焦到种植业,探讨农业保险与农业固碳效果的关系,避免了由于种植业和畜牧业生产特征的差异导致因果关系分析的偏误。该文对农业保险影响农业固碳效果作用机制的探讨,为我国推进农业绿色发展,促进农业固碳增效提供了理论支撑。

2 理论分析与框架

农业固碳效果是农作物通过光合作用将二氧化碳气体转化为植物体本身的有机物质实现的。在农业生产过程中,除了农作物进行碳吸收外,还会由于生产要素投入产生碳排放。因此,该文所测量的农业固碳效果,是在农作物碳吸收的基础上,减去生产中产生的碳排放,也即净碳汇。

2.1 农业保险、种植专业化与农业净碳汇

农业保险的风险保障功能会增强农民的专业化种植倾向,从而替代多样化种植等自我保险方式,减少效率损失^[16],有利于实现规模经济。种植专业化水平越高,农户越重视生产要素的投入产出效率,从而自发优化农业化学品投入数量和结构。此外,专业化生产规模越大,农作物副产品(如秸秆等)无害处理成本越低,从而降低焚烧秸秆的可能性,有利于减少农业碳排放。因此,该文提出假说1:种植专业化是农业保险影响农业净碳汇的重要路径,农业保险能够通过提升种植专业化水平促进农业净碳汇。

2.2 农业保险、农业技术进步与农业净碳汇

农民采用新技术、新模式进行农业生产,可能会带来潜在风险,如新技术提高生产效率的同时,使农作物抗性更差等。农业保险能够分散农业生产风险、稳定预期收益,进而从整体上推动农业技术进步。但农业技术进步对农业净碳汇的影响方向并不确定,主要原因在于农业技术包含生物技术、生产技术、机械技术等多个方面,各类技术对农业净碳汇产生的影响不同。农业机械技术使用量的增加会促进农业

碳排放,而农业种质创新等生物技术进步则可以显著减少农业碳排放。基于此,该文提出假说2:农业技术进步是农业保险影响农业净碳汇的重要路径,但该路径对农业净碳汇的影响方向尚不确定。

2.3 环境规制的调节作用

环境规制作为降低农业碳排放的有效手段往往不是单独起作用的^[17],其不仅对碳排放产生直接影响,还会通过能源消费结构、产业结构、技术创新和外商直接投资4条传导渠道间接影响碳排放^[18]。这说明环境规制可以通过作用于其他因素来调节农业碳排放水平。

因此,该文认为种植专业化与农业技术进步对农业净碳汇的影响还会受制于环境保护水平。当环境保护水平较高时,农户的环保意识得到加强,能够优化要素投入数量和结构,降低农业生产的环境成本,加之节能减排技术的出现,也会使得单位产出的能源消耗下降,从而减少温室气体排放。因此,该文提出假说3:环境规制在种植专业化和农业技术进步影响农业净碳汇的过程中具有调节作用。

基于上述分析,农业保险影响农业净碳汇的理论分析框架如图1所示。

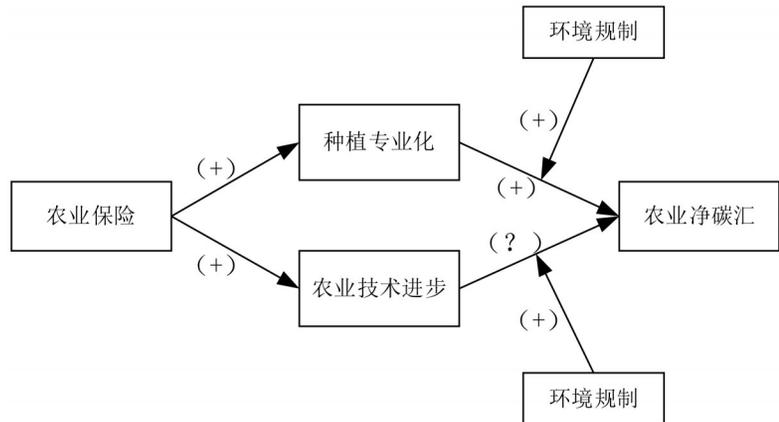


图1 农业保险影响农业净碳汇的理论分析框架

3 农业碳排放、碳吸收和净碳汇的测算

3.1 农业碳排放量的测算

农业碳排放主要来源于化学要素投入和机械使用过程中化石能源的消耗,该文参考李波等^[10]测算农业碳排放的做法,以排放因子法测算各地的农业碳排放量。农业碳源主要包括化肥、农药、农膜、柴油、农业灌溉和农地翻耕六个方面,分别用化肥折纯量、农药投入量、农膜投入量、柴油投入量、有效灌溉面积和农作物总播种面积表示。具体的农业碳排放计算公式为:

$$carbem = \sum_i^n E_i = \sum_i^n q_i p_i \tag{1}$$

式(1)中,carbem为碳排放总量, E_i 为各类碳源排放量, q_i 为各类碳源的数量, p_i 为各类碳源的排放系数(表1)。

表1 主要农业碳源的碳排放系数及参考来源

农业碳排放源	排放系数	参考来源
化肥	0.895 6kg/kg	美国橡树岭国家实验室
农药	4.934 1kg/kg	美国橡树岭国家实验室
农膜	5.180 0kg/kg	南京农业大学农业资源与生态环境研究所
柴油	0.592 7kg/kg	联合国气候变化政府间专家委员会(IPPC)
农地翻耕	3.126 0kg/hm ²	中国农业大学生物与技术学院 ^[19]
农业灌溉	20.476 0kg/hm ²	李波等 ^[10]

3.2 农业碳吸收量的测算

碳汇广义上包含森林碳汇、草地碳汇、耕地碳汇、海洋碳汇和土壤碳汇等。结合该文的研究,在陈罗焯等^[20]对碳汇进行定义的基础上,该文将农业碳汇界定为:通过农作物种植等农业生产方式吸收大气中的二氧化碳,减少温室气体在大气中浓度的过程。该文依据我国所种植主要农作物的经济产量、碳吸

收率和经济系数进行测算^[21]。农业碳吸收的计算公式为:

$$carb_{ab} = \sum_i C_d \quad (2)$$

$$C_d = C_f D_w = C_f \times \frac{Y_w}{H_i} \quad (3)$$

式(2)(3)中, $carb_{ab}$ 为碳吸收总量, i 表示第 i 种农作物类型, C_d 为农作物全生育期的碳吸收量, C_f 为农作物合成单位有机质(干重)所需要吸收的碳, D_w 为农作物的生物产量, Y_w 为农作物的经济产量(t), H_i 为第 i 种农作物的经济系数。所选取的主要农作物种类、碳吸收率和经济系数如表2所示。

表2 主要农作物的碳吸收率(C_f)和经济系数(H_i)

作物品种	C_f	H_i	作物品种	C_f	H_i
水稻	0.414 4	0.45	油菜籽	0.450 0	0.25
小麦	0.485 3	0.40	花生	0.450 0	0.43
玉米	0.470 9	0.40	甘蔗	0.450 0	0.50
豆类	0.450 0	0.35	甜菜	0.407 2	0.70
薯类	0.422 6	0.65	烟草	0.450 0	0.55
棉花	0.450 0	0.10	蔬菜	0.450 0	0.60

3.3 农业净碳汇的测算

农业净碳汇是指在农业生产过程中对二氧化碳的净吸收量,具体表现为农业碳吸收与农业碳排放的差值,结合式(1)至(3),农业净碳汇的计算公式为:

$$carsin = carb_{ab} - carb_{em} = \sum_i (C_f \times \frac{Y_w}{H_i}) - \sum_i q_i P_i \quad (4)$$

式(4)中, $carsin$ 为农业净碳汇量,其余变量表示与式(1)至(3)中相同。

4 研究设计

4.1 变量选取

被解释变量。该文选用农业净碳汇($carsin$)作为被解释变量,其测算方法如该文第三部分中所示。一般地,农业净碳汇量为正值且数值越大即表明农业固碳效果越好。

核心解释变量。该文以农业保险密度($pinsden$)作为衡量农业保险发展水平的指标,具体表现为该地区第一产业从业人口的人均保费金额^①,能够反映地区的经济发展水平与农户的农业保险意识强弱。

中介变量。该文的中介变量有两个:一是种植专业化。该文借鉴曾琳琳等^[22]的做法,通过构建种植专业化指数(SpI)测算各地农业种植结构的专业化水平,其计算公式如式(5)所示;二是农业技术进步($agtec$)。目前对农业技术进步指标的选择主要分为以下两种,一种是侧重于分析整个农业部门的技术进步,使用农业全要素生产率来衡量^[23];另外一种是研究农业技术进步对劳动力的替代作用,常以农业机械总动力作为代理变量^[24]。该文借鉴第一种方法,以农业全要素生产率作为农业技术进步的代理变量,并通过DEA-Malmquist指数法进行测算。该文的产出指标为农林牧渔总产值;投入指标包括农作物总播种面积、第一产业从业人数、农业机械总动力和化肥施用量。

$$SpI = (1 + \frac{\sum_i x_i \times \ln x_i}{\ln n}) \times 100 \quad (5)$$

式(5)中, x_i 表示农作物 i 占该地区农作物总种植面积的比例, n 为所选取的农作物种类数目,该文选择了我国种植面积较大的12类农作物,历年合计种植面积均超过90%,能够较好地反映不同地区农作物种植的专业化水平。

调节变量。该文从政策视角出发,选用环境规制($envire$)作为调节变量,以环境保护支出占该地区GDP的比重来表示。

控制变量。控制变量包括:(1)农村居民受教育程度(edu),受教育程度高的农户对低碳农业的认知

^①根据保险密度的计算方式,种植业保险密度=种植业保费收入/种植业从业人口数,但由于种植业从业人口数不可得,故该文采用第一产业从业人口数代替,可能存在低估种植业保险密度的情况

程度较高,其参与农业低碳生产的可能性越大^[25]。(2)亩均农机投入 (*agmac*) (1 亩=0.067hm²,下同)。农业机械主要用于种植业生产,是现代农业的重要特征。(3)农业风险水平 (*afarr*),以反映该地区农业生产受自然灾害的影响程度。(4)产业结构 (*insstr*),反映第一产业对该地区经济发展的贡献程度。

4.2 数据来源

基于数据可得性和完整性,该文选取 2008—2019 年中国大陆 30 个省(市、自治区,不含港澳台和西藏)的面板数据进行实证分析。其中,农业净碳汇量、种植专业化指数分别由式(4)(5)计算得出,农业技术进步由 DEA-Malmquist 指数法测算,种植业保费收入数据来自中国银行保险监督管理委员会,其余数据均来自《中国农村统计年鉴》和国家统计局网站。变量描述性统计如表 3 所示。

表 3 变量的描述性统计

变量名称	变量描述	变量符号	观测值	均值	标准差
农业净碳汇	农业碳吸收与农业碳排放的差值,由式(4)测算	<i>carsin</i>	360	4 085	3 263
农业碳排放	由式(1)测算	<i>carbem</i>	360	286.2	197.3
农业碳吸收	由式(2)(3)测算	<i>carbab</i>	360	4 371	3 444
农业保险密度	农业保险保费收入与第一产业就业人数的比值	<i>pinsden</i>	360	140.5	192.9
种植专业化指数	由式(5)计算	<i>SpI</i>	360	35.74	9.884
农业技术进步	DEA-Malmquist 指数法测算	<i>agtec</i>	360	1.067	0.092
环境规制	环境保护支出占 GDP 比重	<i>envire</i>	360	0.008	0.006
受教育程度	教育年限法测算具体的测算方法是:将 6 岁以上人口的受教育水平划分为文盲或半文盲、小学、初中、高中、大专及以上 5 个层次,对应的学制学年数分别是 1 年、6 年、9 年、12 年、16 年,然后用各阶段受教育人口占比乘以相应的学制学年得到人均受教育年限	<i>edu</i>	360	7.789	0.595
亩均农机投入	农业机械总动力与农作物总播种面积的比值	<i>agmac</i>	360	0.632	0.253
农业风险水平	受灾面积与农作物总播种面积的比值	<i>afarr</i>	360	0.185	0.139
产业结构	第一产业产值占 GDP 比重	<i>insstr</i>	360	0.103	0.055

1 亩=0.067hm²=667m²,下同

4.3 模型设定

由于该文所采用的数据为省际面板数据,同时考虑到各地存在不可观测个体效应以及不同年份对实证分析结果的干扰,故采用双向固定效应模型^①。在中介机制识别方面,该文采用的 2 个中介变量不具有因果传导关系,同时中介路径受到外在条件的调节,因此在温忠麟、叶宝娟^[26]的研究基础上,构建有调节的并行多重中介效应模型,采用逐步回归法探究农业保险发展水平对农业净碳汇的影响和作用机制,模型构建为:

$$carsin_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 pinsden_{i,t} + \gamma_1 W_{i,t} + \theta_1 Z_{i,t} + \mu_{1i} + v_{1t} + \varepsilon_{i,t} \tag{6}$$

$$M_{i,t} = \alpha_2 + \beta_2 pinden_{i,t} + \gamma_2 W_{i,t} + \theta_2 Z_{i,t} + \mu_{2i} + v_{2t} + \varepsilon_{i,t} \tag{7}$$

$$carsin_{i,t} = \alpha_3 + \beta'_1 pinsden_{i,t} + \beta_3 M_{i,t} + \gamma_3 W_{i,t} + \theta_3 Z_{i,t} + \mu_{3i} + v_{3t} + \varepsilon_{i,t} \tag{8}$$

$$carsin_{i,t} = \alpha_4 + \beta_4 pinsden_{i,t} + \beta_5 M_{i,t} + \gamma_4 W_{i,t} + \beta_6 W_{i,t} \times M_{i,t} + \theta_4 Z_{i,t} + \mu_{4i} + v_{4t} + \varepsilon_{i,t} \tag{9}$$

式(6)至(9)中, *carsin* 为被解释变量(农业净碳汇), *pinsden* 表示核心解释变量(农业保险密度), *M* 为中介变量, *W* 为调节变量, *Z* 为控制变量, μ_{ni} 为个体固定效应, v_{nt} 为时间固定效应, $\varepsilon_{i,t}$ 为随机干扰项。

依据逐步回归法,首先采用式(6)至(8)对中介效应进行检验,若待估计系数 β_1 、 β_2 、 β_3 和 β'_1 都显

①该文进行了 Hausman 检验,结果显示在 5% 的显著性水平下拒绝了原假设,所以该文应当选用固定效应模型进行分析

著,说明中介变量在农业保险影响农业净碳汇的过程中存在部分中介效应;若待估计系数 β_1 、 β_2 和 β_3 显著,而 β_1' 不显著,则说明中介变量发挥了完全中介作用。在此基础上,式(9)将进一步对调节效应进行检验,若中介变量与调节变量交互项的待估计系数 β_6 显著,则说明调节变量在中介变量影响农业净碳汇的过程中具有调节作用。

5 实证结果与分析

5.1 农业保险对农业碳排放、碳吸收和净碳汇的影响

在前文理论分析和模型构建的基础上,该文首先采用双向固定效应模型验证农业保险对农业碳排放、碳吸收和净碳汇的影响,参数估计结果如表4所示。

从表4可知,农业保险未对农业碳吸收产生显著影响,但在1%的显著性水平下正向促进了农业碳排放。这意味着在其他条件不变的情况下,农业保险密度越高,农业活动产生的碳排放量越多。这一现象可能的原因是,推广农业保险提高了小规模农户参与农业生产的意愿,这在一定程度上阻碍了规模效应的形成。同时,由于小规模农户在我国占比较大,且受教育程度偏低,对低碳生产的认识程度不足,导致了农业碳排放量的增加。此外,农业保险在10%的显著性水平下抑制了农业净碳汇的增长,原因是农业保险的发展促进了农业碳排放但未对碳吸收产生影响,农业净碳汇是农业碳吸收与碳排放的差值,故农业保险的发展抑制了农业净碳汇。

5.2 有调节的中介效应检验

该文根据逐步回归法检验有调节的中介效应,首先通过模型1检验农业保险发展水平对农业净碳汇影响的总效应;其次,分别对模型2、3进行回归,以验证农业保险发展水平对中介变量的影响;再者,构建模型4考察中介变量对农业净碳汇的影响以及农业保险发展水平对农业净碳汇的影响中是否具有直接效应,至此,中介效应检验完毕;最后,在模型5中加入中介变量与调节变量的交互项,探究调节变量在中介变量影响农业净碳汇过程中的调节作用。检验结果如表5所示。

从表5可以看出,在模型1中,农业保险在10%的显著性水平下抑制了农业净碳汇的增长;在模型2和模型3中,农业保险均在1%的显著性水平下正向促进种植专业化和农业技术进步;在模型4中,农业保险、种植专业化和农业技术进步的系数均显著,意味着农业保险除了直接影响农业净碳汇外,还通过种植专业化、农业技术进步产生间接影响。

从两条影响路径来看,种植专业化在1%的显著性水平下正向促进了农业净碳汇,估计系数 $\beta_2\beta_3$ 与 β_1' 异号,依据MacKinnon^[27]、温忠麟等^[26]的研究,当间接效应与直接效应符号不一致时,就会遮掩总效应。所以种植专业化水平在农业保险影响农业净碳汇的过程中起到了遮掩效应,削弱了农业保险对农业净碳汇的抑制作用,其遮掩效应占比为42.94%,假说1得到验证;此外,农业技术进步在10%的显著性水平下抑制了农业净碳汇,说明农业保险通过农业技术进步阻碍了农业的固碳效果,此时估计系数 $\beta_2\beta_3$ 与 β_1' 同号,说明农业技术进步在农业保险影响农业净碳汇过程中具有中介效应,其中介效应占比为18.66%,可能的原因是,我国农业机械化程度仍然较低,农业技术进步仍是以机械替代人工为主,这导

表4 农业保险与农业碳排放、碳吸收和净碳汇的回归

变量	农业碳吸收	农业碳排放	农业净碳汇
农业保险密度 (<i>pinsden</i>)	-0.327 6 (-1.50)	0.061 4*** (4.06)	-0.389 0* (-1.83)
环境规制 (<i>envire</i>)	-23 199.14*** (-2.65)	-3 191.867 4*** (-5.26)	-20 007.28** (-2.34)
受教育程度 (<i>edu</i>)	-380.484 2*** (-3.32)	-3.938 1 (-0.49)	-376.546 1*** (-3.36)
亩均农机投入 (<i>agmac</i>)	66.932 3 (0.33)	33.439 1** (2.37)	33.493 2 (0.17)
农业风险水平 (<i>afarr</i>)	-687.219 7*** (-4.10)	-19.167 2 (-1.65)	-668.052 4*** (-4.08)
产业结构 (<i>insstr</i>)	6 606.545 1*** (4.44)	131.753 8 (1.28)	6 474.791 3*** (4.46)
常数	7 566.820 0*** (8.01)	280.981 6*** (4.29)	7 285.838 4*** (7.89)
R ²	0.537 7	0.390 0	0.537 5
F	21.410 5	11.772 3	21.401 2
N	360	360	360

注:***、**、*分别表示估计系数在1%、5%、10%的水平下显著,括号内为t值

表5 农业保险密度与中介变量、调节变量的回归

变量	模型1 (农业净碳汇)	模型2 (种植专业化指数)	模型3 (农业技术进步)	模型4 (农业净碳汇)	模型5 (农业净碳汇)
农业保险密度	-0.389 0 [*] (-1.83)	0.007 8 ^{***} (7.78)	0.000 2 ^{***} (2.75)	-0.585 8 ^{**} (-2.52)	-0.552 3 ^{**} (-2.38)
环境规制	-20 007.28 ^{**} (-2.34)	72.634 1 [*] (1.80)	-4.229 2 [*] (-1.91)	-23 884.55 ^{***} (-2.81)	-158 743.6 ^{***} (-2.63)
种植专业化指数				32.250 4 ^{***} (2.72)	22.664 5 [*] (1.68)
农业技术进步				-362.902 9 [*] (-1.68)	-1 136.536 0 ^{**} (-2.22)
种植业专业化指数*环境规制					1 585.580 2 (1.59)
农业技术进步*环境规制					65 226.055 7 [*] (1.65)
受教育程度	-376.546 1 ^{***} (-3.36)	-1.497 9 ^{***} (-2.83)	-0.021 4 (-0.74)	-335.994 2 ^{***} (-3.00)	-341.224 2 ^{***} (-3.05)
亩均农机投入	33.493 2 (0.17)	-0.788 3 (-0.84)	0.041 2 (0.80)	73.865 7 (0.38)	54.396 3 (0.28)
农业风险水平	-668.052 4 ^{***} (-4.08)	0.798 7 (1.03)	0.017 6 (0.42)	-687.416 7 ^{***} (-4.25)	-669.979 6 ^{***} (-4.15)
产业结构	6 474.791 3 ^{***} (4.46)	-8.527 7 (-1.24)	-0.370 5 (-0.99)	6 615.352 6 ^{***} (4.60)	6 357.048 4 ^{***} (4.35)
常数	7 285.838 4 ^{***} (7.89)	47.595 5 ^{***} (10.94)	1.227 8 ^{***} (5.14)	6 196.449 8 ^{***} (5.59)	7 476.366 6 ^{***} (6.02)
R ²	0.537 5	0.581 3	0.330 8	0.552 9	0.560 1
F	21.401 2	25.559 0	9.102 3	20.238 0	18.734 1
N	360	360	360	360	360

注: **、*、^{*}分别表示估计系数在1%、5%、10%的水平下显著,括号内为t值

致农业碳排放增加,进而抑制农业净碳汇,假说2得到验证。

在此基础上,模型5检验了环境规制对种植专业化和农业技术进步的调节效应。可以看出,种植专业化与环境规制的交互项系数并不显著,说明环境规制在专业化种植促进农业净碳汇的过程中不具有调节作用,与假设3相违背,这可能是由于当前农民在改变种植结构时,更多考虑的还是收益、自然条件或政策扶持等因素,环境效应是农民生产决策的次要条件;但是,环境规制在农业技术进步抑制农业净碳汇的过程中发挥了正向调节作用,并通过了10%的显著性水平检验,假说3得到验证,原因在于随着环境保护支出的增加,也将进一步增大对低碳农业机械的研发投入力度,将逐渐会有更多环保节能的农业机械投入到农业当中,不仅提高了农业生产力,同时也会降低环境成本,减少碳排放。

5.3 东、中、西部的异质性

我国幅员辽阔、地形复杂,各地之间经济发展水平存在较大差异,相比较中西部,东部地区经济更为发达。所以,根据《中央财政农业保险保险费补贴管理办法》,中央财政对中西部地区农业保险保费补贴力度更大。基于此,该文将全样本划分为东、中、西3部分,进一步研究在不同的农业保险政策扶持力度下,各地农业保险固碳效果的差异性(表6)。

从表6可以看出,在东部地区,农业保险在1%的显著性水平下抑制了农业净碳汇的增长,即在其他条件不变的情况下,农业保险发展水平越高,农业固碳效果越差;在中部地区,农业保险的发展并没有

对农业净碳汇产生影响；在西部地区，农业保险在10%的显著性水平下正向促进了农业净碳汇的增长，即农业保险发展水平越高，农业固碳效果越好。可能的原因是东部地区的农业保险密度明显高于西部，更好地分散了农业生产风险，进而促使东部地区农户积极采用新型农业生产技术，投入更多的农业机械设备（表7），由此结合前文分析，农业保险的发展在东部抑制了农业净碳汇。

6 结论与政策启示

6.1 结论

农业保险作为有效的风险管理工具，在其推广过程中能够通过改变农户生产行为影响农业固碳效果。该文以种植业为研究对象，在进行理论分析的基础上，利用2008—2019年的省际面板数据，构建有调节的中介效应模型，实证检验了农业保险对农业固碳效果的影响与作用机制，并得到以下结论。

(1) 从总体来看，当前我国农业保险的发展抑制了农业净碳汇，具体表现为农业保险的发展增加了农业碳排放，而对农业碳吸收没有产生显著影响。

(2) 从作用机制来看，农业保险通过改变种植专业化水平和农业技术进步两条渠道间接影响农业净碳汇。一方面，农业保险通过提升种植专业化水平促进农业净碳汇形成遮掩效应；另一方面，农业保险通过推动农业技术进步抑制农业净碳汇形成中介效应，但环境规制在该路径中发挥着显著的调节作用，表现为在较高的环境保护支出水平下，农业技术进步对农业净碳汇的抑制作用将会被削弱。

(3) 从异质性分析来看，西部地区农业保险发展的农业固碳效果要好于东部，这主要是因为东部农业保险发展水平整体较高，推动农民在农业生产中投入更多的机械设备，从而在一定程度上促进了农业

表6 东、中、西部各地农业固碳的异质性分析

变量	东部 (农业净碳汇)	中部 (农业净碳汇)	西部 (农业净碳汇)
农业保险密度 (<i>pinsden</i>)	-0.711 9*** (-2.73)	0.993 6 (1.38)	0.753 3* (1.83)
环境规制 (<i>envir</i>)	-26 364.49* (-1.75)	7 834.396 4 (0.35)	-856.581 8 (-0.07)
受教育程度 (<i>edu</i>)	-123.870 5 (-0.81)	-344.860 8 (-1.37)	-155.366 3 (-0.78)
亩均农机投入 (<i>agmac</i>)	-523.513 4* (-1.98)	718.527 8** (2.46)	1 050.964 4 (1.50)
农业风险水平 (<i>afarr</i>)	-414.597 9* (-1.76)	-713.629 2** (-2.26)	-660.003 6** (-2.27)
产业结构 (<i>insstr</i>)	6 259.498 5* (1.69)	7 099.622 3*** (3.26)	-30.911 8 (-0.01)
常数	5 379.656 1*** (4.16)	7 418.410 1*** (3.52)	4 423.138 8*** (2.77)
R ²	0.355 5	0.808 0	0.663 3
F	3.375 0	20.305 4	10.775 3
N	132	108	120

注：***、**、*分别表示估计系数在1%、5%、10%的水平下显著，括号内为t值

表7 2008—2019年东、西部农业保险密度、农业净碳汇量及农业机械投入均值比较

年份	东部			西部		
	农业保险密度	农业净碳汇量	亩均农业机械投入	农业保险密度	农业净碳汇量	亩均农业机械投入
2008	46.81	4 908.11	484.13	20.78	2 322.33	280.93
2009	61.62	4 889.84	500.60	31.17	2 340.80	428.60
2010	77.51	4 775.38	523.67	33.02	2 456.69	318.87
2011	98.79	4 991.16	421.93	45.16	2 616.56	335.80
2012	123.18	5 197.76	361.93	64.88	2 760.01	349.80
2013	140.35	5 351.49	562.53	90.88	2 847.70	317.07
2014	160.15	5 470.04	582.07	94.08	2 850.13	382.27
2015	173.17	5 557.77	513.53	108.34	2 923.47	396.20
2016	189.43	5 492.73	428.20	118.95	2 910.38	340.93
2017	219.31	5 564.24	446.73	136.21	2 955.39	353.33
2018	240.01	5 691.63	440.67	168.84	2 995.79	364.53
2019	287.61	5 777.61	525.53	219.84	3 083.49	372.00

数据来源：根据银保监会保费收入数据与国家统计局数据计算得到

碳排放。

6.2 政策启示

农业保险对于保障国家粮食安全、保障农业生产以及增加农民收入都具有重要意义。从总体上看,尽管农业保险对农业净碳汇存在负向影响,但并不意味着要缩减农业保险规模。如何发挥好农业保险在不同机制下对农业净碳汇的影响效果是问题的关键,基于研究结论,该文提出以下政策启示。

(1) 提高专业化规模生产主体的农业保险保费补贴比例。前文结论已知,农业保险能够通过提升种植专业化水平促进农业净碳汇。因此,通过提高专业化规模生产主体保费补贴,引导更多的规模生产主体从事专业化经营,能够放大农业保险促进净碳汇的作用效果。

(2) 设计和推广绿色农业产品保险。农业保险能够推动农业技术进步,提高农业生产技术采纳率,但一般机械生产技术的投入反而会增加碳排放。绿色农业产品是以绿色生产技术为手段生产的标准化产品,设计和推广高保障、高补贴的绿色农业产品保险,有利于引导农业生产者从事绿色农业生产经营,从而提高绿色生产技术的采纳与应用,减少一般机械投入对农业净碳汇产生的负向影响。

(3) 加强农业保险政策与环境保护政策的配合程度。由于农业保险对净碳汇的负向影响受到环境规制的调节,因此地方政府在发布提高农业保险发展水平政策的同时,应加强农业环境保护政策的执行力度,避免农户投入过量农业生产要素,加剧农业碳排放。

参考文献

- [1] 金书秦,林煜,牛坤玉.以低碳带动农业绿色转型:中国农业碳排放特征及其减排路径.改革,2021(5):29-37.
- [2] 张军伟,费建翔,徐永辰.金融支持对绿色农业发展的激励效应.中南财经政法大学学报,2020(6):91-98.
- [3] 张峭,王克,李越,等.我国农业保险风险保障:现状、问题和建议.保险研究,2019(10):3-18.
- [4] 宗国富,周文杰.农业保险对农户生产行为影响研究.保险研究,2014(4):23-30.
- [5] Horowitz J K, Lichtenberg E. Insurance, moral hazard and chemical use in Agriculture. American Journal of Agricultural Economics, 1993, 75(4): 926-935.
- [6] 宁满秀,苗齐,邢鹏,等.农户对农业保险支付意愿的实证分析——以新疆玛纳斯河流域为例.中国农村经济,2006(6):43-51.
- [7] 张驰,吕开宇,程晓宇.农业保险会影响农户农药施用吗?——来自4省粮农的生产证据.中国农业大学学报,2019,24(6):184-194.
- [8] 张驰,张崇尚,仇焕广,等.农业保险参保行为对农户投入的影响——以有机肥投入为例.农业技术经济,2017(6):79-87.
- [9] 马九杰,崔恒瑜.农业保险发展的碳减排作用:效应与机制.中国人口·资源与环境,2021,31(10):79-89.
- [10] 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.
- [11] 吴义根,冯开文.中国省际农业碳排放的时空分异特征及关联效应.环境科学与技术,2019,42(3):180-190.
- [12] 李国志,李宗植.中国农业能源消费碳排放因素分解实证分析——基于LMDI模型.农业技术经济,2010(10):66-72.
- [13] 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(5):10-17.
- [14] 宋博,穆月英,侯玲玲.农户专业化对农业低碳化的影响研究——来自北京市蔬菜种植户的证据.自然资源学报,2016,31(3):468-476.
- [15] 蒋琳莉,张露,张俊飏,等.稻农低碳生产行为的影响机理研究——基于湖北省102户稻农的深度访谈.中国农村观察,2018(4):86-101.
- [16] 付小鹏,梁平.政策性农业保险试点改变了农民多样化种植行为吗.农业技术经济,2017(9):66-79.
- [17] 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(9):66-75.
- [18] 张华,魏晓平.绿色悖论抑或倒逼减排——环境规制对碳排放影响的双重效应.中国人口·资源与环境,2014,24(9):21-29.
- [19] 伍芬琳,李琳,张海林,等.保护性耕作对农田生态系统净碳释放量的影响.生态学杂志,2007,26(12):2035-2039.
- [20] 陈罗焯,薛颖,雪燕.中国农业净碳汇时空演化特征分析.自然资源学报,2016,31(4):596-607.
- [21] 李克让.土地利用变化和温室气体净排放与陆地生态系统碳循环.北京:北京气象出版社,2000.
- [22] 曾琳琳,李晓云,孙倩.作物种植专业化程度对农业生态效率的影响.中国农业资源与区划,2022,43(8):10-22.
- [23] 黄大潮,丁士军.农业技术进步、空间效应与城乡收入差距——基于省级面板数据的分析.中国农业资源与区划,1-11[2022-06-08].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220106.2111.002.html>
- [24] 廖开妍,杨锦秀,曾建霞.农业技术进步、粮食安全与农民收入——基于中国31个省份的面板数据分析.农村经济,2020(4):60-67.
- [25] 田云.认知程度、未来预期与农户农业低碳生产意愿——基于武汉市农户的调查数据.华中农业大学学报(社会科学版),2019(1):77-

84, 166.

[26] 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): 731-745.

[27] MacKinnon D P. Introduction to statistical mediation analysis. New York: Taylor & Francis, 2008.

STUDY ON THE INFLUENCE AND MECHANISM OF AGRICULTURAL INSURANCE ON AGRICULTURAL CARBON SEQUESTRATION EFFICIENCY*

She Zongyun¹, Sun Le¹, Chen Shengwei^{1,2*}

(1. College of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271000, Shandong, China;

2. Shandong University of Technology, Zibo 255000, Shandong, China)

Abstract This study aims to explore how agricultural insurance affects agricultural carbon sequestration by changing farmers' production behaviors, and then affects the path of agricultural carbon sequestration efficiency. Based on the planting industry data of 30 provinces(cities, rigions) in China from 2008 to 2019, this study constructed a moderated multiple parallel mediation effect model to analyze the mechanism by which the development level of agricultural insurance affected the agricultural net carbon sink. The results were showed as follows. (1) Generally, the current development of agricultural insurance inhibited the agricultural carbon sequestration. And the specific manifestation was that agricultural insurance increased agricultural carbon emissions, but had no significant impact on agricultural carbon absorption. (2) There were two paths for agricultural insurance to affect agricultural net carbon sink: one was that agricultural insurance promoted agricultural net carbon sink by improving the specialization level of planting, and the other was that agricultural insurance limited agricultural net carbon sink by enhancing the progress of agricultural technology, but environmental regulation would weaken the inhibitory effect of agricultural technological progress on the agricultural net carbon sink. (3) In the heterogeneity analysis, the agricultural carbon sequestration effect of agricultural insurance in western China was better than that in eastern China, while agricultural insurance in central China had no significant effect on agricultural carbon sequestration. In summary, firstly, increasing the proportion of agricultural insurance premium subsidies for specialized large-scale production entities to amplify the role of agricultural insurance in promoting agricultural net carbon sink. Secondly, designing green agricultural product insurance and guiding agricultural producers to engage in green agricultural production and operation, so as to reduce the negative impact of general machinery input on agricultural net carbon sink. Thirdly, improving the degree of cooperation between agricultural insurance policies and environmental protection policies to strengthen the implementation of agricultural environmental protection policies while developing agricultural insurance.

Keywords agricultural insurance; planting specialization; agricultural technology progress; environmental regulation; agricultural carbon sequestration efficiency