



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 Jiujie, CUI Hengyu. Effect and mechanism of agricultural insurance on agricultural carbon emission reduction[J]. China population, resources and environment, 2021, 31(10): 79-89.]

农业保险发展的碳减排作用:效应与机制

马九杰, 崔恒瑜

(中国人民大学农业与农村发展学院, 北京 100872)

摘要 农业保险发展能够引导农业经营者改变传统的生产方式,进而影响农业生产中的碳排放行为。首先,基于农业经营规模、种植结构调整和农业技术进步等路径,对发展农业保险的减碳效应进行理论分析;其次,基于2001—2018年中国31个省份的面板数据,利用双向固定效应模型和中介效应模型,对农业保险发展的碳减排作用效果和机制进行实证分析。主要发现是:①总体来看,农业保险发展显著地促进了农业碳排放总量的减少。平均而言,农业保险保费收入每增加100万元、农业从业人员的人均农业保险保费每增加1元和单位农作物播种面积的农业保险保费每增加1元/hm²时,该地区的农业碳排放总量分别实现71 t、364 t和254 t的减排效果。②在异质性分析中,农业保险发展对碳排放总量的削减作用主要体现在东部省份和非粮食主产区省份;而在中、西部省份和粮食主产区的样本中,农业保险发展没有起到推动农业碳排放总量降低的作用。③进一步分析中,农业保险发展对农业碳排放密度和农业碳排放强度的影响效果也是负向的。④在机制分析中,农业经营规模扩大和粮食作物比重增加是农业保险减碳的有效机制;而农业保险发展虽然能够促进农业技术进步,但并不会进而推动农业生产技术的低碳化转型。据此形成的政策含义:一是,可以继续通过补贴推广农业保险,引导农业生产者采用有利于碳减排的规模化经营与作物结构模式;二是,在中、西部地区进一步简化赔付手续、规范定损标准,强化参与农业保险的收益教育,使农业保险产品能够更好地发挥作用;三是,创新和发展绿色农业保险,以引导农业生产者采纳绿色低碳的生产技术。

关键词 农业保险;农业碳排放;低碳农业;中介效应模型

中图分类号 X196 文献标志码 A 文章编号 1002-2104(2021)10-0079-11 DOI:10.12062/cpre.20210815

农业部门具有碳汇功能,同时也排放温室气体。中国作为农业大国,农业碳排放带来的环境问题越来越被社会各界所重视。有数据表明,中国农业部门的碳排放占全国总量的17%,并且农业生产过程中所排放的二氧化碳,仍平均以1.46%的速度持续上涨,农业碳排放问题日益严峻^[1-2]。从源头上控制农业生产活动的高碳行为、发展低碳农业是减少农业碳排放的重要手段之一。2017年中办和国办印发的《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》和2018年农业农村部印发的《农业绿色发展技术导则(2018—2030年)》,明确提出要建立农业绿色循环低碳生产制度,通过绿色投入品创制、绿色技术推广和绿色生产模式创新等路径,以减少农业温室气体的排放强度。农业碳排放来自农业生产过程中的化学品使用、机械燃油、灌溉耗电、有机碳流失等方面^[3]。农业经营者的生产方式与其风险态度和风险偏好有关^[4-5],而采取低

碳的生产行为往往需要农业经营者承担一定的风险(如农作物减产、农业收入减少)^[6]。因此,直觉上来看,提高农业经营者的风险管理能力能够促使其调整传统的生产方式,进而减少其在生产过程中的高碳行为。

农业保险是农业生产者的一种风险管理工具。农业保险的推广提高了农业生产经营者的风险保障能力,可能会促使其调整生产行为、采用低碳农业生产方式,进而减少碳排放。中国于2004年开始尝试通过保费补贴的方式推广农业保险,2012年已覆盖了所有省份^[7]。推广农业保险改善了农业经营者生产行为中的要素配置^[8]。那么,农业保险发展是否真的可以促进低碳农业转型、产生减排效果?虽然学术界已经关注到推广农业保险的环境保护效应^[9-12],以及农业风险管理与农业碳排放行为的关系^[13-14],但是对农业保险发展与农业碳排放的关系,仍缺乏讨论。因此,该研究将重点探讨农业保险发展对农业

收稿日期:2021-01-25 修回日期:2021-09-03

作者简介:马九杰,博士,教授,博导,主要研究方向为农村发展经济学和农业政策等。E-mail: majiujie@126.com。

通信作者:崔恒瑜,博士生,主要研究方向为农村金融和资源环境经济学等。E-mail: rucchy@163.com。

基金项目:国家自然科学基金项目“数字金融发展在农村金融空间配给缓解和实体经济金融普惠中的作用研究”(批准号:71973146);国家社会科学基金重大项目“乡村振兴背景下数字乡村发展的理论、实践与政策研究”(批准号:20&ZD164)。



碳排放的影响效应和机制。期望从农业碳排放视角出发,在理论层面探讨农业保险的环境保护效应,为农业风险管理和低碳农业转型的关系提供证据。

1 文献综述

首先,农业保险的环境保护效应是学界长期讨论的话题。学者们在理论层面分析了农业保险对环境保护的影响效应,如:宁满秀^[15]构建了理论框架,认为购买农业保险会影响到农用化学要素的投入,进而产生环境效应;张伟等^[12]则从农业经营规模、农作物种植结构和农业生产技术等三个角度,梳理了农业保险对农用化学品和环境污染产生影响的文献。但纵观既有研究,可以发现农业保险对生态环境的影响效果仍尚未有定论,并且少有文献将农业保险和农业碳排放联系起来。

其次,相关的实证研究主要从微观视角分析了农业保险对化学品投入的影响效果,但也未能得到一致的结论。如:有学者发现购买农业保险导致化学品施用量增加^[9];也有学者发现推广农业保险会减少农户的化学品施用量^[10];还有学者得到的结论是,农业经营者购买农业保险会对化肥、农药等化学品产生完全相反方向的影响^[11]。然而,一个地区的农业碳排放水平综合反映了化学品使用、机械燃油、灌溉耗电、有机碳流失等方面,因此分析和揭示农业保险对农业碳排放影响的宏观规律,能够为农业保险环境效应的检验提供一个新证据。

再次,许多文献探究了影响中国农业碳排放的因素,学者们也初步认识到风险管理对农业碳排放削减的作用。一方面,许多学者对农业碳排放的驱动因素进行分解,讨论经济发展、劳动力规模、技术进步和自然灾害等宏观因素会影响到农业碳排放的水平或效率^[1];另一方面,一些学者关注到风险态度与农业低碳生产行为的关系,这些研究认为农业经营者难以承受低碳生产方式带来的风险^[13-14],而保险的使用可能会有助于抵抗这种风险^[16]。因此,探究农业保险的发展和推广对农业低碳生产行为的影响具有重要意义。

综上所述,已有研究虽然关注到农业保险对化学品投入和环境污染的影响,也有学者考虑到农业生产中的风险管理与低碳行为的关系,但少有文献聚焦于农业保险发展对碳排放的影响效果与路径机制。那么究竟农业保险发展是否能够对农业碳排放产生影响,其中的作用机制又是如何?这也是该研究所关注的主要问题。

2 农业保险碳减排作用路径与机制的理论分析

从规模效应、结构效应和技术效应三个方面对环境

污染的影响机制进行分析是学者^[12,17]常用的研究视角。该研究基于这个思路,从规模经营、结构调整和技术进步等方面分析了农业保险如何影响农业生产中化学品使用、机械燃油、灌溉耗电和耕作流失等行为及其产生的碳排放。

2.1 农业保险发展、农业规模化经营与农业碳减排

农业保险发展推动了农业经营者扩大生产规模。农业的规模经营并不会减少风险,而且规模越大、风险越大^[18],自然风险和价格风险带来的不确定性都会因农业经营规模的扩大而加剧^[19],因此规模化经营更加需要风险管理工具^[20]。而农业保险的发展能够激励农业经营者通过流转土地、开垦荒地等方式增加农地的经营面积^[21-22],促进其扩大生产规模。

农业经营规模的提升有助于农业碳排放的减少。首先,农业生产规模的扩大有助于实现农用化学品的规模效应,减少单位面积的化学品投入^[23]。其次,规模经营能够提高农机作业效率^[24],进而整体上降低农业机械动力和油耗。再次,规模经营有助于节水技术的运用、灌溉效率的提升^[25],进而降低灌溉过程中的碳排放。最后,规模经营有助于土壤养分管理和耕地保护^[26],进而控制耕作过程中的有机碳流失。综上,可以认为农业保险发展能够推动农业经营规模的扩大,进而降低化学品使用、机械燃油、灌溉耗电和土壤有机碳流失,最终降低农业碳排放水平。

2.2 农业保险发展、作物结构调整与农业碳减排

农业保险发展推动了农作物结构的调整,激励农业经营者更多地种植粮食作物。市场上的农业保险有95%都是财政补贴的政策性农业保险^[27],这些保险所涵盖的作物品种主要与粮食安全有关^[28],所以农业保险的发展在一定程度上推动了农业经营者更多地种植粮食作物、提高农业专业化水平^[29]。

粮食种植比重的增加有助于区域内农业碳排放的减少。首先,相比其他作物而言,粮食作物生产中需要的化学品用量一般更少^[30],因此农作物“趋粮化”有助于降低农用化学品的施用量^[31],进而减少碳排放水平。其次,有学者发现中国粮食产出与农机投入量呈轻微的负相关^[32],因此可以认为种植粮食作物的机械效率更高,农业机械的高耗能、高碳排主要体现在非粮食作物上。再次,粮食作物灌溉用水量所占比率一直处于下降趋势,表明粮食作物的种植有助于节水技术采纳,进而减少灌溉耗能^[33],导致碳排放水平下降。最后,现有研究认为经济作物对土壤侵蚀速率大于粮食作物^[34],所以种植粮食作物带来的有机碳损失可能要更小。综上,更多地种植粮食作物有助于农用化学品减少、机械效率提高、灌溉耗能降

低和土壤有机碳的保护。总体来看,农业保险的发展能够激励农业经营者更多地种植粮食作物,以实现农业碳排放的减少。

2.3 农业保险发展、农业技术进步与农业碳减排

农业保险发展有助于化解新技术带来的风险,整体上推动了农业技术的进步。有效的风险保障有助于新型农业技术的采纳^[35],而抗风险能力较弱是大多数农户选择传统技术的原因^[36]。因此,可以认为农业保险发展有助于为创新型农业技术和生产模式提供风险保障,也有学者给出了农业保险发展有助于农业技术进步的经验证据^[37]。

然而,农业技术进步对农业碳排放的影响方向并不确定。农业保险发展之所以能够推动农业技术进步,是因为农业保险能够为新型技术采纳带来的不确定性提供保障。换言之,农业保险发展主要推动的是风险型农业技术的进步,风险型农业技术进步不仅包含低碳生产技术,还包括高浓度化肥、重型农用机械、大型灌溉设备等方面的技术。因此,尽管有学者认为农业技术进步在整体上有助于农业碳排放的减少^[38],但是发展农业保险所导致的农业技术进步,是否会进一步促进农业碳排放的减少仍无法判断。

上述理论分析被整理在图1中,总体来看农业保险发展有助于农业碳排放的减少。具体而言,农业保险发展能够促进农业经营规模的扩大、粮食作物比重的提升,最终有助于碳排放的减少;农业保险所促进的技术进步,同时包含高碳技术和低碳技术,尚且无法判断这一路径机制的有效性。那么,究竟农业保险会对农业碳排放总量产生多大程度的影响?这一影响在不同区域中是否存在异质性?理论分析中的农业生产规模、粮食作物比重和农业技术进步等中介机制是否真的有效?需要通过下文的实证分析给出答案。

3 实证设计和描述性分析

3.1 模型设定

为了分析农业保险发展对农业碳排放的影响效果,构建了双向固定效应模型(1),式中: i 代表省份, t 代表年份, λ_i 是各省固定效应, $year_t$ 是时间固定效应, $\sum X_{it}$ 是控制变量, ε_{it} 是误差项,具体如下:

$$\ln emissions_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln insurance_{it} + \varphi \sum X_{it} + \lambda_i + year_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$emissions_{it}$ 是被解释变量,表示省份 i 在 t 年的农业碳排放总量; $insurance_{it}$ 是核心解释变量,表示省份 i 在 t 年的农业保险发展水平。为了便于解释统计含义和平滑数据波动,对上述两个变量进行取对数处理。

为了实证检验农业保险的碳减排作用路径和机制,参考Baron等^[39]的中介效应检验思路,在(1)式的基础上构建中介效应模型,具体如下:

$$M_{it}^k = \beta_0 + \beta_1 \ln insurance_{it} + \varphi \sum X_{it} + \lambda_i + year_t + \varepsilon_{2it} \quad (2)$$

$$\ln emissions_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln insurance_{it} + \sum_k \gamma_2^k M_{it}^k + \lambda_i + year_t + \varphi \sum X_{it} + \varepsilon_{3it} \quad (3)$$

其中: M_{it}^k 是第 k 个中介变量,包括农业经营规模、粮食作物比重和农业技术进步。(1)式用来检验农业保险发展对农业碳排放的总效应;(2)式用来检验农业保险发展对中介变量的影响效果;在(2)式核心解释变量估计系数显著的前提下,可以用(3)式检验农业保险发展对农业碳排放的中介效应。

3.2 变量测度、说明和描述性分析

所用变量的具体定义和描述统计分析见表1。

3.2.1 被解释变量

农业碳排放总量。主要是以狭义农业(种植业)为研究对象,构造了农业碳排放总量,沿袭李波等^[1]和刘琼

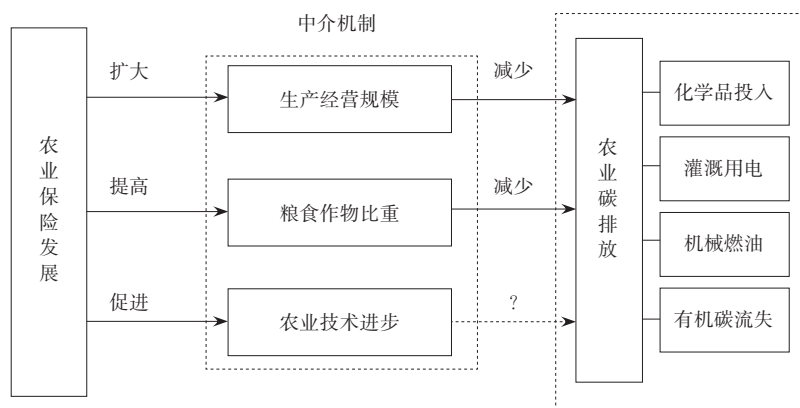


图1 农业保险发展对农业碳排放影响的路径与机制

等^[40]的思路构造碳排放的估算公式:

$$emissions_{it} = \sum_{j=1}^n S_{ijt} = \sum_{j=1}^n P_{ijt} Q_{jt} \quad (4)$$

$emissions_{it}$ 为农业碳排放总量。 S_{ijt} 为 i 省在 t 年时第 j 种碳源的碳排放量, P_{ijt} 是 i 省在 t 年时第 j 种碳源的数量, Q_{jt} 为第 j 种碳源的碳排放系数。其中:碳源包括化肥、农药、农膜、机械、翻耕和灌溉,农业碳排放系数参考李波等^[1]归纳的经验数据。

3.2.2 核心解释变量

农业保险发展水平。使用三个指标来衡量农业保险的发展水平:一方面,为衡量各地区农业保险的绝对规模,将农业保险的发展规模作为核心解释变量,使用各地区保费收入进行衡量;另一方面,为反映出农业保险的覆盖程度,参考已有文献^[41-42]的做法,使用农业保险的覆盖密度和覆盖广度作为核心解释变量,分别用农业从业人员的人均农业保险保费和单位农作物播种面积的农业保险保费进行衡量。

3.2.3 中介变量

第一个是农业经营规模,为人均农作物播种面积,由农作物播种面积与农林牧渔从业人员之比得出,并进行取对数处理。第二个是粮食作物比重,为粮食作物耕种面积的比重,由粮食作物播种总面积与农作物播种总面积之比得出,能够反映出各地区农作物结构的基本情况。第三个是农业技术进步,通过 DEA-Malmquist 方法测算和分解农业全要素生产率而获得,分解农业全要素生产率可以得到技术进步指数和效率变化指数,分析中将技术进步指数作为农业技术进步的代理变量。DEA-

Malmquist 测算和分解的具体过程参考高帆^[43]和李士梅等^[44]的研究,其中:所使用的投入变量包括灌溉面积、农林牧渔从业人数、农业机械总动力、农作物播种总面积和农用化肥施用量,产出变量为第一产业增加值。

3.2.4 控制变量

根据相关文献中对农业碳排放影响的研究经验启示,控制了人口规模、经济水平、财政支农力度、农民财富水平、二产结构、三产结构、耕地规模、农业总产值、财政支出水平等变量,具体的变量定义见表1。在既有文献中,上述变量可能会对农业的经营规模、种植结构、产出水平等方面产生影响,进而会对农业碳源排放产生影响,同时这些变量又与农业保险发展具有一定的相关性,因此有必要对这些变量进行控制。此外,为了缓解一些不可观测变量对估计结果造成的偏误,做出了以下努力:一是,加入了各省份的固定效应 λ_i ,以控制各省份的自身特征(如文化习俗、区域面积等)对估计结果造成的偏误;二是,加入了时间固定效应 $year_t$,以控制政策变化和通货膨胀对估计结果造成的偏误。

3.3 数据来源

实证部分选取 2001—2018 年中国 31 个省份的省级面板数据,考虑到数据的可得性,未包含港澳台地区。农业保险的数据来自历年的《中国保险年鉴》,农业碳排放的碳源数据来自《中国农村统计年鉴》,其他数据来自历年的《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国水利统计年鉴》和各省统计年鉴。需要说明的是,为了防止宏观数据的非平稳性对实证结果的干扰,对所有绝对值的变量进行对数处理。各变量的均值和标准差被汇报在表1中。

表1 变量含义和描述性统计

	变量	变量含义/计算方法	均值	标准差
被解释变量	农业碳排放总量	地区农业碳排放总量/ t ,取对数	14.323 7	1.138 4
核心解释变量	农业保险发展规模	农业保险保费总收入/ 10^6 元,取对数	4.605 2	2.531 6
	农业保险覆盖密度	农业从业人员的人均保费收入/(元/人),取对数	3.097 3	2.158 2
	农业保险覆盖广度	单位农作物播种面积的保费收入/(元/ hm^2),取对数	3.567 0	2.261 2
中介变量	农业经营规模	人均农作物播种面积/($667m^2$ /人),取对数	2.197 0	0.365 2
	粮食作物比重	粮食作物播种总面积与农作物播种总面积之比	0.693 8	0.160 8
	农业技术进步	DEA-Malmquist 分解全要素生产率得到技术进步指数	1.076 8	0.059 0
控制变量	人口规模	地区总人口数量/ 10^4 人,取对数	8.075 5	0.875 7
	经济水平	人均地区生产总值/(元/人),取对数	10.086 8	0.817 1
	财政支农力度	财政农林水事务支出与政府财政支出之比	0.097 1	0.035 0
	农民财富水平	农村居民人均纯收入/元,取对数	8.653 7	0.700 3
	二产结构	第二产业增加值与地区生产总值之比	0.428 1	0.082 9
	三产结构	第三产业增加值与地区生产总值之比	0.451 7	0.088 4
	耕地规模	农作物播种总面积/ hm^2 ,取对数	15.010 1	1.161 0
	农业总产值	农林牧渔业总产值/ 10^8 元,取对数	7.201 9	1.157 8
	财政支出水平	政府财政支出与地区生产总值之比	0.242 9	0.182 3



4 实证结果与分析

4.1 基准回归

为了评估农业保险发展对农业碳排放总量的影响效果,对(1)式进行回归,分别估计出农业保险发展规模、覆盖密度和覆盖广度对农业碳排放总量的系数,结果见表2:(1)列、(2)列为农业保险发展规模对农业碳排放总量的估计结果,(3)列、(4)列为农业保险覆盖密度对农业碳排放总量的估计结果,(5)列、(6)列为农业保险覆盖广度对农业碳排放总量的估计结果。其中,(1)列、(3)列、(5)列只加入了双向固定效应,(2)列、(4)列、(6)列在此基础上加入了全部控制变量,加入全部控制变量后可决系数增加,说明加入控制变量有助于模型更好地进行拟合。

从表2的估计结果看,农业保险发展规模、覆盖密度和覆盖广度的系数均为负数,其中(1)列在5%的水平上显著,其余列在1%的水平上显著,表明发展农业保险能够有效地削减农业碳排放。实证分析中核心解释变量和被解释变量均进行对数处理,可以根据表2的(2)列、(4)列、(6)列的估计系数计算出:平均而言,农业保险发展规模提高1%则农业碳排放总量减少0.0170%,农业保险覆盖密度提高1%则农业碳排放总量减少0.0171%,农业保险覆盖广度提高1%则农业碳排放总量减少0.0209%。

在样本期间,从平均值来看,各地区农业保险保费收入为61 334.93万元、人均保费收入为121.50元、单位面积保费收入为211.73元/hm²、农业碳排放为257.61万t。根据表2的(2)列、(4)列、(6)列估计系数,可以测算出:平

表2 农业保险发展对农业碳排放总量影响的估计结果

变量	农业碳排放总量					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
农业保险发展规模	-0.0173** (0.0078)	-0.0170*** (0.0044)				
农业保险覆盖密度			-0.0426*** (0.0091)	-0.0171*** (0.0056)		
农业保险覆盖广度					-0.0475*** (0.0083)	-0.0209*** (0.0052)
人口规模		-0.2900*** (0.0589)		-0.2665*** (0.0591)		-0.2647*** (0.0587)
经济水平		-0.3057*** (0.0584)		-0.2859*** (0.0586)		-0.2839*** (0.0582)
财政支农力度		0.3086 (0.2718)		0.3580 (0.2724)		0.3555 (0.2703)
农民财富水平		0.4704*** (0.0882)		0.4642*** (0.0890)		0.4758*** (0.0883)
二产结构		1.5714*** (0.2292)		1.4223*** (0.2364)		1.4408*** (0.2318)
三产结构		1.3963*** (0.2741)		1.2782*** (0.2817)		1.2861*** (0.2770)
耕地规模		0.3328*** (0.0442)		0.3398*** (0.0444)		0.3143*** (0.0445)
农业总产值		0.3902*** (0.0343)		0.3695*** (0.0358)		0.3673*** (0.0352)
财政支出水平		0.6363*** (0.0748)		0.6682*** (0.0756)		0.7063*** (0.0764)
常数项	14.5015*** (0.0616)	5.2120*** (1.1753)	14.6120*** (0.0559)	4.9764*** (1.1830)	14.6658*** (0.0563)	5.3073*** (1.1748)
时间固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Observations	558	558	558	558	558	558
R-squared	0.5259	0.8602	0.5410	0.8587	0.5499	0.8605

注:** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。

均而言,农业保险保费收入每增加 100 万元,则该地区农业碳排放总量则会下降 71 t;农业从业人员的人均农业保险保费每增加 1 元,则该地区农业碳排放总量则会下降 364 t;单位农作物播种面积的农业保险保费每增加 1 元/hm²,则该地区农业碳排放总量则会下降 254 t。可见,农业保险的碳减排效果不容忽视。

4.2 关于内生性问题的讨论

在相关实证文献的基础上,尽可能地控制了宏观经济社会特征,也控制了双向固定效应,因此遗漏变量和选择偏误的内生性问题得到了较好的处理。而实证分析中潜在的最大内生性问题,来自反向因果,通过选取核心解释变量的前一期作为工具变量再次进行回归,可以有效地缓解这一内生性问题。

回归的方法是工具变量两阶段法(IV-2SLS),结果被汇报在表 3 中。可以看出:农业保险发展规模、覆盖密度和服务广度的系数均为负向显著,且系数大小和显著性略有提升,表明在充分考虑到反向因果问题之后,农业保险的碳减排效果更加显著。此外,可以看到 Cragg-Donald Wald *F* statistic 分别为 400.474、451.596 和 384.403,均大于临界值 16.38,说明 IV-2SLS 不存在弱工具变量问题。该部分的 IV-2SLS 回归,再次验证了发展农业保险显著促进农业碳排放总量的减少。

4.3 异质性分析

4.3.1 东部地区和中西部地区的异质性

东部省份和中、西部省份的经济发展状况和自然资源禀赋存在一定差异。李波等^[1]的研究表明,东部经济较为发达的省份,其农业碳排放量也较高。而根据《中央财政农业保险保险费补贴管理办法》,中央财政对中西部省份的农业保险支持力度更大。将样本分为东、中、西

部,来探究补贴力度更大的中、西部,其农业保险是否能起到更显著的碳减排作用。

在表 4 中:(1)列—(3)列是东部省份,显示农业保险发展规模、覆盖密度和覆盖广度对农业碳排放总量的影响均是负向显著的;(4)列—(6)列是中部省份,显示核心解释变量对农业碳排放总量的影响均不显著;(7)列—(9)列是西部省份,核心解释变量对农业碳排放总量的影响是正向显著的,但显著性水平要小于东部省份。这表明,农业保险的碳减排作用,更多地体现在经济发达的东部省份,而非中、西部省份。

可能的原因:首先,东部省份的农业经营者对农业保险产品的理解更加深刻,他们的经营规模、种植结构和生产技术更容易受到农业保险推广的影响,其农业碳排放行为也会在此过程中发生变化。其次,中部地区的农业经营者对保险产品的理解程度较浅,因此其生产经营中

表 3 农业保险发展对农业碳排放总量影响的 IV-2SLS 结果

变量	IV-2SLS		
	(1)	(2)	(3)
农业保险发展规模	-0.021 3*** (0.006 4)		
农业保险覆盖密度		-0.022 4*** (0.007 8)	
农业保险覆盖广度			-0.029 7*** (0.007 7)
控制变量	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制
省级固定效应	已控制	已控制	已控制
Cragg-Donald Wald <i>F</i> statistic	400.474	451.596	384.403
Observations	527	527	527
<i>R</i> -squared	0.851 1	0.849 8	0.850 9

注:*** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。

表 4 东、中、西部省份农业保险发展对农业碳排放总量影响的异质性

变量	东部省份			中部省份			西部省份		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
农业保险发展规模	-0.034 7*** (0.008 9)			-0.007 5 (0.005 0)			0.016 3** (0.006 5)		
农业保险覆盖密度		-0.023 2** (0.009 9)			-0.003 6 (0.006 7)			0.020 0** (0.008 4)	
农业保险覆盖广度			-0.021 9** (0.009 0)			-0.007 7 (0.006 5)			0.017 7** (0.008 4)
控制变量	已控制	已控制	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	已控制	已控制	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	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Observations	198	198	198	144	144	144	216	216	216
<i>R</i> -squared	0.801 1	0.789 4	0.789 8	0.959 9	0.959 2	0.959 6	0.936 0	0.935 8	0.935 4

注:** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。



的碳排放行为所受的影响较小。再次,西部地区的农业基础较为落后,推广农业保险反而能够激励小农户提升农业生产的参与意愿,也会降低规模化程度,提高碳排放水平。因此,应当对中、西部农业经营者进行培训和宣传,使农业保险能够起到推广农业规模经营、优化作物种植结构的作用,最终在化解农业风险的同时推动高碳生产行为的减少。

4.3.2 粮食主产区和非主产区的异质性

粮食主产区的农业生产规模和农业碳排放量都比较大,因此一些研究^[45]聚焦于粮食主产区的农业碳排放状况。为了探究农业保险的减碳作用在粮食主产区和非粮食主产区的差异,进行了分样本回归,粮食主产区的名单参考财政部2003年发布的《关于改革和完善农业综合开发若干政策措施的意见》,回归结果见表5。其中(1)列—(3)列的样本是粮食主产区的13个省份,(4)列—(6)列是非粮食主产区的18个省份。

可以看出:在粮食主产区样本中,农业保险的发展规模、覆盖密度和覆盖广度对于农业碳排放总量并没有起到削减作用;相反,在非粮食主产区的样本中,农业保险发展显著地减少了农业碳排放总量。说明农业保险的减碳作用更多地发生在非粮食主产区。之所以会产生这样的结果,可能是因为粮食主产区政策推动了农业规模的扩大和农作物的趋粮化^[31]。也就意味着,粮食主产区的农业保险发展,通过推动规模扩大和结构调整两个路径减少农业碳排放量的空间有限。当然,粮食主产区政策对农业碳排放的影响同样值得研究,但不在该研究的范围内。

4.4 进一步讨论:农业保险发展对农业碳排放密度和强度的影响

中国农业碳排放密度和农业碳排放强度被学界所关

注^[46-47]。前者为单位土地面积的农业碳排放量,反映了农业碳排放的效率;后者为单位农业产值的农业碳排放量,反映了农业碳排放与农业经济的关系。因此,探究农业保险发展对农业碳排放密度和强度的影响效果,具有一定的研究意义。

将农业保险发展对农业碳排放密度和强度分别进行回归,结果见表6。其中,农业碳排放密度($\text{kg}/667\text{ m}^2$)等于农业碳排放总量与农作物播种面积之比,农业碳排放强度($\text{kg}/10^4\text{ 元}$)等于农业碳排放总量与农业总产值之比。从表6可以看出:农业保险发展规模、覆盖密度和覆盖广度有助于削减农业碳排放密度,这说明农业保险有助于减少平均每单位土地上产生的碳排放量;农业保险发展规模、覆盖密度和覆盖广度对农业碳排放强度的影响也是负向显著的,这说明农业保险对单位农业产值的碳排放量也有削减作用。

4.5 中介机制检验

基于中介效应依次检验的思路,对(2)式、(3)式依次进行回归,以考察农业保险发展对碳减排的影响机制。首先,分析农业保险发展规模对农业经营规模、粮食作物比重和农业技术进步的影响,回归结果见表7(1)列—(3)列。其次,将3个中介变量分别加入基准回归中,分析中介因素对农业碳排放总量的影响效果,回归结果汇报见表7(4)列—(6)列。再次,将3个中介变量全部加入基准回归,分析在加入全部中介因素的基础上,农业保险是否会对农业碳排放起到直接效应,回归结果被整理在表7的(7)列中。需要说明的是,限于篇幅,此处仅考虑了核心解释变量“农业保险发展规模”,因为这一变量能够最直观地反映农业保险的发展状况。

从表7可以看出:(1)列—(3)列农业保险发展规模对

表5 粮食主产区和非主产区农业保险发展对农业碳排放总量影响的异质性

变量	粮食主产区			非粮食主产区		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
农业保险发展规模	0.008 8 (0.005 8)			-0.022 0*** (0.006 2)		
农业保险覆盖密度		0.019 6** (0.008 1)			-0.027 2*** (0.007 0)	
农业保险覆盖广度			0.012 4 (0.008 1)			-0.025 3*** (0.006 2)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Observations	234	234	234	324	324	324
R-squared	0.895 7	0.897 5	0.895 7	0.904 7	0.905 4	0.905 8

注:** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。

农业经营规模、粮食作物比重和农业技术进步具有正向显著的作用,表明核心解释变量对中介变量的影响是显著的。(4)列—(6)列中:农业经营规模和粮食作物比重的系数是负向显著的,表明农业保险能够通过农业经营规模扩大和粮食作物比重增加的途径减少农业碳排放总量;而农业技术进步的系数不显著,则表明农业保险发展虽然能够促进农业技术进步,但难以进一步起到减碳作用。使用Sobel检验法对该中介效应的显著性进行检验,三个中介效应对应的Z值分别为-2.2459、-2.0845和-0.0328,农业经营规模和粮食作物比重通过了5%显著性水平检验,农业技术进步未通过检验,再次表明了中介效应的分析结果具有统计意义。

加入全部中介变量后进行联合检验的结果汇报在表7的(7)列中。可以发现:三个中介变量的方向及显著性与表7的(4)列、(5)列和(6)列类似,再次验证了农业经营规模和粮食作物比重是有效的中介机制,而农业技术进步不是有效的中介机制。基于表7的(7)列估计结果,结合Gelbach^[48]对中介效应的量化分解思路,可以计算出农业经营规模的中介效应占总效应的14.60%、粮食作物比重的中介效应占总效应的13.82%。而在表7的(7)列中,农业保险发展规模的系数仍然显著,出现这一结果存在两种可能性:第一种情况是,农业保险作为化解农业生产风险的工具,基于“道德风险”等原因,导致参与者不需要通过中介途径,直接对生产经营中的碳排放行为产生影

表6 农业保险发展对农业碳排放密度和强度影响的估计结果

变量	农业碳排放密度			农业碳排放强度		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
农业保险发展规模	-0.0170*** (0.0043)			-0.0166*** (0.0043)		
农业保险覆盖密度		-0.0171*** (0.0054)			-0.0167*** (0.0055)	
农业保险覆盖广度			-0.0207*** (0.0051)			-0.0204*** (0.0052)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Observations	558	558	558	558	558	558
R-squared	0.8040	0.8018	0.8043	0.9677	0.9673	0.9677

注:*** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。

表7 农业保险发展规模对农业碳排放总量影响的中介机制检验

变量	农业经营规模	粮食作物比重	农业技术进步	农业碳排放总量			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
农业保险发展规模	0.0113*** (0.0043)	0.0069** (0.0030)	0.0035* (0.0019)	-0.0148*** (0.0043)	-0.0149*** (0.0043)	-0.0170*** (0.0044)	-0.0120*** (0.0043)
农业经营规模				-0.1932*** (0.0451)			-0.2197*** (0.0444)
粮食作物比重					-0.3007*** (0.0651)		-0.3406*** (0.0645)
农业技术进步						-0.0034 (0.1042)	-0.0335 (0.1006)
控制变量	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	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	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Observations	558	558	558	558	558	558	558
R-squared	0.5941	0.8480	0.7241	0.8652	0.8660	0.8602	0.8724
Sobel检验z值				-2.2459	-2.0845	-0.0328	

注:* $P < 0.10$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。



响;另一种情况是,张伟等^[12]和 Grossman 等^[17]的分析框架存在缺陷,除了规模效应、结构效应和技术效应外,农业保险仍可以通过其他中介途径来减少碳排放总量。

进一步地,探究农业经营规模、粮食作物比重和农业技术进步是否是农业保险影响农业碳排放密度和强度的中介机制。表8(1)列—(3)列汇报了三个中介变量对农业碳排放密度的影响,发现农业经营规模、粮食作物比重的系数是负向显著,而农业技术进步的系数并不显著,并且通过了Sobel检验。表8(4)列—(6)列汇报了三个中介变量对农业碳排放强度的影响,回归结果与(1)列—(3)列类似,这一结果也通过了Sobel检验。这部分回归表明,农业保险发展促进了农业经营规模扩大、粮食作物比重增加,进而有助于减少农业碳排放的密度和强度,而农业技术进步并不是有效的中介机制。

综上,可以认为农业保险发展对农业碳排放的削减作用,依赖于农业经营规模扩张和粮食作物比重增加这两条影响机制,而农业技术进步并不是一个有效的影响路径。

5 结论与政策启示

5.1 结论

农业保险的环境效应是学界长期讨论的话题,该研究聚焦于农业保险对农业碳排放的影响效果与作用机制。在进行理论分析的基础上,基于2001—2018年中国31省份的面板数据,运用双向固定效应模型和中介效应模型进行实证分析,主要结论如下。

第一,整体来看,农业保险发展规模、覆盖密度、覆盖广度的增加,显著地促进农业碳排放总量的减少。平均

而言,农业保险保费收入每增加100万元,则该地区农业碳排放总量会下降71 t;农业从业人员的人均农业保险保费每增加1元,则该地区农业碳排放总量会下降364 t;单位农作物播种面积的农业保险保费每增加1元/hm²,则该地区农业碳排放总量则会下降254 t。进一步地,农业保险发展对农业碳排放密度和强度的削减作用也非常显著。表明农业保险发展的碳减排作用不容小觑。

第二,从异质性角度来看,在东部地区的样本中,农业保险对农业碳排放总量的削减作用更加显著,而在中、西部省份中这一削减作用并不存在;相比粮食主产区而言,非粮食主产区的农业保险对农业碳排放总量的削减作用更加显著。

第三,在农业保险对农业碳排放的削减作用中,农业经营规模扩大和粮食作物比重增加是有效的中介机制;而农业保险发展虽然能推动农业技术进步,但并不会进一步地起到削减农业碳排放的作用。

5.2 政策启示

农业保险作为化解农业生产风险、保障农民收入稳定的金融工具,会对农业生产过程中的碳排放行为产生影响,起到碳减排作用,一定程度上可以认为农业保险有助于兼顾好农村发展中的“绿水青山”和“金山银山”。面对全球碳排放问题日益严重的现实背景,应当对农业保险体系进行更加细致的制度设计,以助力农业部门实现“碳达峰、碳中和”目标。

结合上述研究结论,能够得到如下政策启示:①应通过财政补贴的方式继续推广农业保险,并开发价格保险、收入保险等多样化产品,更好地发挥农业保险“高覆盖、高保障”

表8 农业保险发展规模对农业碳排放密度和强度影响的中介机制检验

变量	农业碳排放密度			农业碳排放强度		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
农业保险发展规模	-0.014 9*** (0.004 2)	-0.015 0*** (0.004 2)	-0.017 0*** (0.004 3)	-0.014 5*** (0.004 3)	-0.014 5*** (0.004 3)	-0.016 6*** (0.004 4)
农业经营规模	-0.189 4*** (0.043 9)			-0.189 7*** (0.044 7)		
粮食作物比重		-0.287 8*** (0.063 4)			-0.298 2*** (0.064 5)	
农业技术进步			-0.008 8 (0.101 3)			-0.002 0 (0.103 2)
控制变量	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
时间固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
省级固定效应	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制	已控制
Observations	558	558	558	558	558	558
R-squared	0.811 1	0.811 8	0.804 0	0.968 8	0.969 0	0.967 7
Sobel 检验 z 值	-2.251 1	-2.077 4	-0.086 5	-2.240 4	-2.085 2	-0.019 3

注:*** $P < 0.01$;标准误表示在括号中。



作用,以在完善和构建中国农业风险保障体系的同时,削减农业碳排放对环境产生的负面影响。②在中、西部省份,进一步推动农业保险的简化赔付手续、规范化定损标准,强化参与农业保险的收益教育,加深广大农业经营者对农业保险的理解和认识,使农业保险的发展能够助推农业产业实现规模化经营和结构优化,进而推动这些地区的农业生产模式向低碳化转型。③应创新和推广绿色农业保险,特别是在粮食主产区中,通过“风险保障+绿色技术”的组合方式,引导农业经营者采用环保友好型、低碳型的生产技术,让技术效应在农业保险减碳中发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 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[J].中国人口·资源与环境,2011,21(8):80-86.
- [2] 谭秋成.中国农业温室气体排放:现状及挑战[J].中国人口·资源与环境,2011,21(10):69-75.
- [3] 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.
- [4] LIU E M, HUANG J K. Risk preferences and pesticide use by cotton farmers in China[J]. Journal of development economics, 2013, 103: 202-215.
- [5] 蔡键.风险偏好、外部信息失效与农药暴露行为[J].中国人口·资源与环境,2014,24(9):135-140.
- [6] 田云,张俊飏,何可,等.农户农业低碳生产行为及其影响因素分析:以化肥施用和农药使用为例[J].中国农村观察,2015(4):61-70.
- [7] 肖卫东,张宝辉,贺畅,等.公共财政补贴农业保险:国际经验与中国实践[J].中国农村经济,2013(7):13-23.
- [8] 张哲晰,穆月英,侯玲玲.参加农业保险能优化要素配置吗:农户投保行为内生化的生产效应分析[J].中国农村经济,2018(10):53-70.
- [9] HOROWITZ J K, LICHTENBERG E. Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture[J]. American journal of agricultural economics, 1993, 75(4):926-935.
- [10] SMITH V H, GOODWIN B K. Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use[J]. American journal of agricultural economics, 1996, 78(2):428-438.
- [11] 钟甫宁,宁满秀,邢鹏,等.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(1):291-308.
- [12] 张伟,郭颂平,罗向明.政策性农业保险环境效应研究评述[J].保险研究,2012(12):52-60.
- [13] 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[J].中国农村观察,2018(4):86-101.
- [14] 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[J].华中农业大学学报(社会科学版),2019(1):77-84,166.
- [15] 宁满秀.农业保险制度的环境经济效应:一个基于农户生产行为为的分析框架[J].农业技术经济,2007(3):28-32.
- [16] 沈雪,张露,张俊飏,等.稻农低碳生产行为影响因素与引导策略:基于人际行为改进理论的多组比较分析[J].长江流域资源与环境,2018,27(9):2042-2052.
- [17] GROSSMAN G, KRUEGER A. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. National Bureau of Economic Research, 1991.
- [18] 朱启臻,胡鹏辉,许汉泽.论家庭农场:优势、条件与规模[J].农业经济问题,2014,35(7):11-17,110.
- [19] 许汉泽,李小云.精准扶贫背景下农村产业扶贫的实践困境:对华北李村产业扶贫项目的考察[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2017,17(1):9-16.
- [20] 叶前林,何伦志.美国推进农业现代化发展的做法及启示[J].经济纵横,2014(4):105-108.
- [21] GOODWIN B K, VANDEVEER M L, DEAL J L. An empirical analysis of acreage effects of participation in the federal crop insurance program[J]. American journal of agricultural economics, 2004, 86(4):1058-1077.
- [22] 卢飞,张建清,刘明辉.政策性农业保险的农民增收效应研究[J].保险研究,2017(12):67-78.
- [23] 诸培新,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.
- [24] 黄延信,张海阳,李伟毅,等.农村土地流转状况调查与思考[J].农业经济问题,2011,32(5):4-9,110.
- [25] 康绍忠.水安全与粮食安全[J].中国生态农业学报,2014,22(8):880-885.
- [26] 谢文宝,陈彤,刘国勇.乡村振兴背景下农户耕地质量保护技术采纳差异分析[J].改革,2018(11):117-129.
- [27] 唐国柱,张峭.论我国农业保险的政策目标[J].保险研究,2018(7):7-15.
- [28] 赵长保,李伟毅.美国农业保险政策新动向及其启示[J].农业经济问题,2014,35(6):103-109.
- [29] 张伟,易沛,徐静,等.政策性农业保险对粮食产出的激励效应[J].保险研究,2019(1):32-44.
- [30] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等.中国农业面源污染形势估计及控制对策I:21世纪初期中国农业面源污染的形势估计[J].中国农业科学,2004(7):1008-1017.
- [31] 罗斯炫,何可,张俊飏.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.
- [32] 李茂松,李章成,王道龙,等.50年来我国自然灾害变化对粮食产量的影响[J].自然灾害学报,2005(2):55-60.
- [33] 张光辉,费宇红,刘春华,等.华北平原灌溉用水强度与地下水承载力适应性状况[J].农业工程学报,2013,29(1):1-10.
- [34] 张明礼,杨浩,高明,等.利用¹³⁷Cs示踪技术研究滇池流域土壤侵蚀[J].土壤学报,2008,45(6):1017-1025.
- [35] 孔祥智,方松海,庞晓鹏,等.西部地区农户禀赋对农业技术采纳的影响分析[J].经济研究,2004(12):85-95,122.
- [36] MOSLEY P, VERSCHOOR A. Risk attitudes and the 'vicious circle of poverty'[J]. The European journal of development research, 2005, 17(1):59-88.



- [37] 陈俊晓,王怀明,张瑾.农业保险发展与中国农业全要素生产率增长研究[J].农村经济,2016(3):83-88.
- [38] 杨钧.农业技术进步对农业碳排放的影响:中国省级数据的检验[J].软科学,2013,27(10):116-120.
- [39] BARON R M, KENNY D A. The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations[J]. Journal of personality and social psychology, 1986, 51(6): 1173-1182.
- [40] 刘琼,肖海峰.农地经营规模与财政支农政策对农业碳排放的影响[J].资源科学,2020,42(6):1063-1073.
- [41] 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.
- [42] 祝仲坤,陶建平.农业保险对农户收入的影响机理及经验研究[J].农村经济,2015(2):67-71.
- [43] 高帆.我国区域农业全要素生产率的演变趋势与影响因素:基于省际面板数据的实证分析[J].数量经济技术经济研究,2015,32(5):3-19,53.
- [44] 李士梅,尹希文.中国农村劳动力转移对农业全要素生产率的影响分析[J].农业技术经济,2017(9):4-13.
- [45] 田云,吴海涛.产业结构视角下的中国粮食主产区农业碳排放公平性研究[J].农业技术经济,2020(1):45-55.
- [46] 张广胜,王珊珊.中国农业碳排放的结构、效率及其决定机制[J].农业经济问题,2014,35(7):18-26,110.
- [47] 邓明君,邓俊杰,刘佳宇.中国粮食作物化肥施用的碳排放时空演变与减排潜力[J].资源科学,2016,38(3):534-544.
- [48] GELBACH J B. When do covariates matter and which ones, and how much [J]. Journal of labor economics, 2016, 34(2):509-543.

Effect and mechanism of agricultural insurance on agricultural carbon emission reduction

MA Jiujie, CUI Hengyu

(School of Agricultural Economics and Rural Development, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract The development of agricultural insurance can guide agricultural operators to change the traditional mode of production, and then affect the carbon emission behavior in agricultural production. The theme of this paper is the carbon reduction effect and path mechanism of agricultural insurance. First of all, based on the perspective of agricultural scale management, planting structure adjustment and agricultural technology progress, this paper made a theoretical analysis of the carbon emission reduction effect of the development of agricultural insurance. Secondly, based on the panel data of 31 provinces in China from 2001 to 2018, this paper made an empirical analysis on the carbon emission reduction effect and mechanism of agricultural insurance development by using the two-way fixed effect model and the mediation effect model. The main findings were as follows: ① Overall, the development of agricultural insurance significantly promoted the reduction of agricultural carbon emissions. On average, for every 1 million yuan more in the total premium of agricultural insurance, the total agricultural carbon emissions in the region would decrease by 71 tons; for every 1 yuan more in the per capita agricultural insurance premium of agricultural practitioners, the total agricultural carbon emissions in the region would decrease by 364 tons; for every 1 yuan more in the agricultural insurance premium per hectare of crops, the total agricultural carbon emissions in the region would decrease by 254 tons. ② In the heterogeneity analysis, the reduction effect of agricultural insurance on total carbon emissions was mainly reflected in the eastern provinces and non-main grain producing provinces, but was not significant in the central and western provinces and main grain producing provinces. ③ Further analysis showed that the development of agricultural insurance was helpful to reduce the density and intensity of agricultural carbon emissions. ④ In the mechanism analysis, the expansion of agricultural operation scale and the increase of the proportion of grain crops were effective mediating mechanisms; the development of agricultural insurance could promote the progress of agricultural technology, but it would not further promote the low-carbon transformation of agricultural production technology. The policy implications are as follows: first, we should continue to promote agricultural insurance through subsidies, and guide agricultural producers to adopt the mode of large-scale operation and crop structure conducive to carbon emission reduction; second, we should simplify the payment procedures, standardize the loss determination standards, and promote participation in agricultural insurance through education in the central and western regions, which is conducive to the better performance of agricultural insurance products; third, under the guidance of innovative green agricultural insurance, agricultural producers should be guided to adopt green and low-carbon production technologies.

Key words agricultural insurance; agricultural carbon emission; low carbon agriculture; mediating effect model

(责任编辑:李 琪)

• 89 •