

引用格式: 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. [Liu Q, Xiao H F. The impact of farmland management scale and fiscal policy for supporting agriculture on agricultural carbon emission[J]. Resources Science, 2020, 42(6): 1063-1073.] DOI: 10.18402/resci.2020.06.05

农地经营规模与财政支农政策对农业碳排放的影响

刘 琼, 肖海峰

(中国农业大学经济管理学院, 北京 100083)

摘 要: 本文利用2000—2016年中国省级动态面板数据, 构建有调节的中介效应检验模型, 对农地经营规模影响农业碳排放的作用机制进行了实证检验。研究结果表明: ①农地经营规模对农业碳排放既具有直接影响, 也产生间接影响; ②直接影响体现在“规模效应”: 农地经营规模与农业碳排放之间呈现“U”型变化趋势; 间接影响是通过影响农地利用方式来体现的: 农地经营规模与种植结构、化肥投入强度之间均呈现“U型”关系, 与农业机械投入强度之间呈现“倒U型”关系, 种植结构、农业机械投入强度的提高抑制了农业碳排放, 化肥投入强度的提高促进了农业碳排放; ③财政支农政策在种植结构、化肥投入强度对农业碳排放的影响中起到显著的调节作用, 较高的财政支农支出水平加强了粮食种植比例与农业碳排放之间的负向关系, 削弱了化肥投入强度与农业碳排放之间的正向关系。因此, 为促进农业低碳发展, 一方面要适度扩大农地经营规模, 加强对农地利用方式的科学管理; 另一方面要持续加大对农业的财政支持, 进一步优化调整农业财政补贴结构。

关键词: 农地经营规模; 财政支农政策; 种植结构; 化肥; 农业机械; 农业碳排放

DOI: 10.18402/resci.2020.06.05

1 引言

农地适度规模经营是发展现代农业的必由之路^[1]。中央层面连续出台了若干引导农地适度规模经营的重要文件, 2019年中央一号文件依然就稳定农户承包权、放活土地经营权作出了重要指示, 这为农地适度规模经营提供了良好政策氛围。

适度规模经营促进了农业现代化发展, 弥补了分散经营的缺陷。然而有学者认为, 大规模农业生产活动由于农户经营水平不高导致的环境污染问题愈演愈烈, 尤其是农业化学品和能源的投入使用, 加剧了二氧化碳的排放, 导致生态环境恶化^[2]。也有学者认为农地规模经营有利于农户按照农地面积合理配置化肥、农药、机械等生产要素, 同时测土配方、秸秆还田等低碳生产行为也对实现农业减

排起到了重要作用^[3]。虽然目前尚难以断定上述哪种观点正确, 但农地经营规模变化无疑会导致农地利用方式转变, 必然对农业碳排放产生重要影响。

另外, 农业的弱质性决定了财政支农政策成为国家支持农业发展的一个重要手段。为保证粮食安全和促进农业经济增长, 中央和地方政府不断加大财政支农力度。从总量上看, 中国财政支农支出从2000年的1231.54亿元增加到2017年的19088.99亿元, 占财政支出的比重由7.75%提高到9.4%, 支农支出占农业总产值的比重相应由4.94%提高到17.46%^[4]。然而, 财政支农政策在促进农业经济发展的同时, 也可能促使农业生产主体生产行为的改变。并且伴随着农地经营规模的扩大, 农业补贴资金中可能会有更大的份额被用于农业生产活动^[5],

收稿日期: 2019-12-02; 修订日期: 2020-03-09

基金项目: 农业部和财政部国家现代农业产业技术体系项目(CARS-39-22)。

作者简介: 刘琼, 女, 安徽枞阳人, 博士研究生, 研究方向为农业经济政策与理论, 资源与环境经济。E-mail: liuqiong2015@foxmail.com

通讯作者: 肖海峰, 男, 内蒙古武川人, 教授, 研究方向为农业经济政策与理论。E-mail: haifengxiao@cau.edu.cn

包括农业化学品和农机具的投入、种植结构调整等,从而直接或间接影响了碳排放。

直观上,农地经营规模以及财政支农政策似乎都对农业碳排放产生了影响。综合研究两者对农业碳排放的作用机制具有重要价值。在农业碳排放日益严峻、中央财政支农资金有限和提倡适度规模经营的现实条件下,促进农业绿色转型、实现农业可持续发展,成为政府在兼顾经济和环境双重效益下制定财政支农政策的重要目标。目前相关文献主要集中在农地经营规模对农户生产行为的影响和财政支农政策的经济效应两个方面,这为本文奠定了一定的理论基础,然而综合来看,仍存在以下几点不足:第一,系统分析农地经营规模对农业碳排放影响路径和作用机制的文献较为缺乏,而厘清农业碳排放产生的逻辑有助于从源头处促进节能减排。尽管张小洁等^[6]将土地规模化经营对农业碳排放的影响机理归纳为化肥农药使用、农田灌溉方式改变、农业机械效率和秸秆利用方式4个方面,但缺乏具体的实证量化过程;第二,鲜有研究将财政支农政策与农地经营规模纳入同一框架来分析两者对农业碳排放的影响,现有文献多单独关注财政支农政策对农业生产和农民增收的重要作用,然而,财政支农政策除了帮助提高农业产出外,也可能通过调节生产决策行为来影响农业碳排放;第三,现有研究多通过微观调查的方式对特定区域农户展开研究,取得的数据为截面数据,无法揭示宏观规律,且较少考虑农业要素投入和碳排放在时间上的连续性变化。

鉴于此,为了分析农地经营规模以及财政支农政策对农业碳排放可能产生的影响,本文在厘清农地经营规模对农业碳排放影响机理的基础上,将农地经营规模、农地利用方式、财政支农政策与农业碳排放纳入同一分析框架,构建有调节的中介效应动态面板模型,运用差分广义矩(差分GMM)估计方法首次检验了农地经营规模对农业碳排放的具体影响路径,解释了农地利用方式在其中发挥的中介效应和财政支农政策的调节效应。

2 影响机理分析

2.1 农地经营规模影响农业碳排放的直接渠道

随着农地经营规模的变化,农地和非农用地之间会发生转换,由于不同类型土地如农地、林地、草地、建设用地以及未利用地的“碳汇”或“碳源”能力存在较大的差异,因此土地利用结构的变化会直接引起碳排放的变化^[7,8]。

2.2 农地经营规模影响农业碳排放的中间渠道

农地经营规模主要通过农地利用方式来间接影响碳排放。农地利用方式,主要是指农地生产行为方式^[9],行为通过影响生产资源的配置与利用来影响碳排放。农业生产主体的生产决策过程,首先考虑“生产什么”,即对于种植作物的选择,反映了种植结构的调整;其次是“如何生产”,即选择生产要素如农业化学品和机械投入到具体生产中。根据生产决策过程的不同和不同决策对碳排放作用的差异性,本文主要从种植结构、农业化学品投入强度、农业机械投入强度^①3个方面来分析农地经营规模影响农业碳排放的中间渠道。

(1)种植结构效应。首先,农地经营规模的调整会改变种植结构。粮食和非粮作物种植对劳动力投入数量和劳动强度要求差异明显,通常非粮作物的劳动生产率远低于粮食作物^[10,11]。随着经营规模的扩大,边际劳动投入和管理成本上升导致非粮作物种植比例下降,而对劳动要求更低的粮食作物种植比例明显上升^[12]。其次,种植结构调整会影响农业碳排放。不同作物生长特点不同,对化肥等农业化学品的需用量有一定差异^[13]。研究表明,与经济作物相比,粮食作物对化肥、农药、农膜等农业化学品的需求量一般较少^[14,15],因此随着粮食作物种植比例的上升,农业化学品投入总量可能出现下降,碳排放随之减少。综上,本文认为农地经营规模能够影响种植结构,从而影响农业碳排放。

(2)农业化学品投入效应。农地经营规模还通过改变农业化学品投入强度来影响农业碳排放。小规模的家庭经营往往使得环境友好型技术的使用成本极高^[16],因此当经营规模过小时,农户对新的

①之所以选择农业化学品和农业机械作为典型生产要素,是因为:一方面,农业化学品和农业机械是必须依附于农地的生产要素;另一方面,农业化学品(化肥、农药、农膜)和农业机械是农业碳源的主要组成成分,根据《中国统计年鉴》^[4]计算得到,2016年,农业化学品和农业机械排碳量分别占农业碳排放总量的84.09%、13.80%,合计占比97.89%。

2020年6月

施肥、施药技术掌握较少,农业化学品投入较为粗放。经营规模的适度扩大有利于农户对高效施肥等新技术的采纳,从而提升化学品投入要素的使用效率,减少环境污染^[11]。然而家庭经营规模过度扩大一方面会面临劳动力严重短缺和高昂雇工成本问题^[17],从而产生农业化学品的替代效应^[18];另一方面,对于追求产量最大化的农户来说,经营风险过大会对农户产生一定的压力或激励,其可能通过密集施用化学投入品以求产量的提升,这造成初期经营规模扩张的化学投入品减量投入效应逐渐被抵消^[19]。因而,农地经营规模能够影响农业化学品投入强度,从而影响农业碳排放。

(3)农业机械投入效应。农地经营规模变化会影响农业机械投入强度,从而影响农业碳排放。首先,农业机械的使用具有“规模效应”和“替代效应”,前者体现在现代化的农业机械需要建立在规模较大的土地面积上,农地过于细碎化会带来技术使用和管理方面的困难^[20]。后者体现为随着经营规模的扩大,农户会倾向于投入农业机械进行替代生产^[21]。其次,农业机械投入强度的提高对碳排放具有两方面的影响。一方面,伴随着机械化水平的提高,石油燃料等能源的消耗也随之加快,从而增加碳排放^[22];另一方面,农机具使用有利于提升农业生产效率,当借助节能高效农业机械完成施肥、喷药以及灌溉等作业时,农业生产将更加高效、低耗^[23],一定程度上减小了碳排放。综合来看,农地经营规模能够影响机械投入强度,从而影响农业碳排放。

2.3 财政支农政策的调节作用

财政支农政策对农业碳排放具有显著的调节效应。首先,从财政支农政策产生的化学品投入效应来看,化学品减量增效补贴如测土配方施肥补贴和缓控释肥补贴等有利于农户提高化肥等农业化学品的使用效率^[24,25],从而减小化学品施用的碳排放。其次,从财政支农政策的机械投入效应来看,一方面,农机购置补贴直接加大了农业生产中的机械设备投入强度,促进化石燃料消耗,从而增加碳排放;另一方面,低碳农业科技研发专项资金加大了节能环保型农业机械的研发和使用^[26],进而减小碳排放。最后,与粮食种植面积挂钩的专项补贴如

粮食直补和生产者补贴等则直接提高了农户的种粮积极性^[27],引导农户调整种植结构、增加粮食种植面积,从而促进粮食种植的碳减排。

总之农地经营规模主要通过种植结构、农业化学品投入强度和机械投入强度来影响农业碳排放,并且这些影响可能会受制于财政支农政策的调节,核心变量之间的作用机制如图1所示。

3 模型设计及变量说明

3.1 模型设计

为验证前文所述的影响机制是否存在,本文在动态面板模型的基础上构建中介效应和调节效应模型进行验证。

(1)动态面板模型检验农地经营规模、中介变量对农业碳排放的影响。鉴于农业碳排放以及农地利用方式可能存在一定的时间惯性,本文引入被解释变量的一阶滞后项,构建动态面板模型如下(以种植结构这一中介变量为例,农业化学品投入强度或机械投入强度为中介变量的情况以此类推):

$$\ln TC_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln TC_{i,t-1} + \alpha_2 \ln scale_{i,t} + \alpha_3 (\ln scale_{i,t})^2 + \alpha_4 \ln stru_{i,t} + \alpha_5 \ln pinc_{i,t} + \alpha_6 \ln mci_{i,t} + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: $TC_{i,t}$ 、 $scale_{i,t}$ 、 $stru_{i,t}$ 、 $pinc_{i,t}$ 、 $mci_{i,t}$ 分别表示第 t 年第 i 省(区、市)农业碳排放总量(万吨)、人均耕地面积(亩/人)、种植结构(%)、农村居民人均纯收入(元)、复种指数(%); μ_i 、 $\varepsilon_{i,t}$ 分别表示个体效应和独立同分布的随机扰动项; $\alpha_0 - \alpha_6$ 为待估参数。本

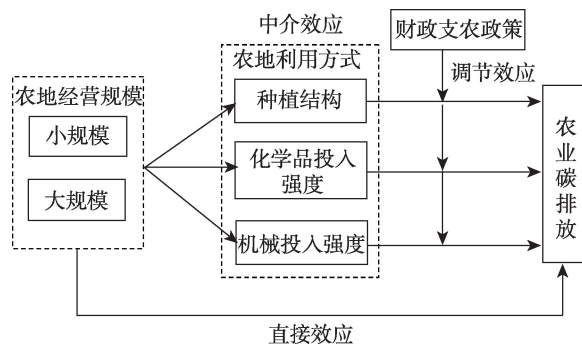


图1 农地经营规模、农地利用方式与财政支农政策对农业碳排放的综合作用机理

Figure 1 The path of the comprehensive effect of farmland management scale, farmland utilization mode, and fiscal support policy on agricultural carbon emissions

文对各变量均进行了自然对数化处理。

(2)中介效应和调节效应的基本模型框架。本文运用 Baron 等^[28]提出的中介效应检验逐步回归法,并借鉴温忠麟等^[29]提出的中介效应和调节效应检验模型,构建基本模型如下:

$$\begin{cases} Y_{i,t} = \lambda_1 + \mu_1 Y_{i,t-1} + a_1 X_{i,t} + \eta_1 Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ M_{i,t} = \lambda_2 + \mu_2 M_{i,t-1} + b X_{i,t} + \eta_2 Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ Y_{i,t} = \lambda_3 + \mu_3 Y_{i,t-1} + a_2 X_{i,t} + c_1 M_{i,t} + \eta_3 Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \\ Y_{i,t} = \lambda_4 + \mu_4 Y_{i,t-1} + a_3 X_{i,t} + c_2 M_{i,t} + m A_{i,t} + \\ n A_{i,t} M_{i,t} + \eta_4 Z_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{cases} \quad (2)$$

式中: Y 为因变量(农业碳排放); X 为自变量(农地经营规模); M 为中介变量(农地利用方式); A 为调节变量(财政支农政策); Z 为控制变量; λ 为截距; ε 为随机扰动项; a 、 b 、 c 、 m 、 n 、 η 、 μ 为回归系数。

本文中,为检验农地经营规模、种植结构、农业化学品投入强度、农业机械投入强度、财政支农政策对农业碳排放的影响路径,按照式(2)的基本模型框架,遵循以下检验步骤:首先,通过农地经营规模对农业碳排放的回归模型,检验农地经营规模是否对农业碳排放产生总效应;其次,将农地经营规模依次与种植结构、农业化学品投入强度、机械投入强度一起作为解释变量合成3个模型进行分析,检验农地经营规模、种植结构、农业化学品投入强度、机械投入强度是否对农业碳排放产生直接效应;再次,采用逐步回归法依次检验种植结构、农业化学品投入强度、机械投入强度在农地经营规模对农业碳排放影响中的中介效应;最后,依次检验财政支农政策在种植结构、农业化学品投入强度、机械投入强度对农业碳排放影响中的调节效应。

3.2 核心变量测度及变量说明

(1)农业碳排放总量(TC)。在农业碳排放构成方面,本文主要以狭义农业(种植业)为研究对象。综合以往学者研究成果,认为农地利用活动产生的碳排放主要来源于以下6个方面的生产或使用过程:化肥、农药、农膜、机械、翻耕和灌溉。

碳排放估算的基本公式为:

$$TC = \sum_{j=1}^n S_j = \sum_{j=1}^n q_j \rho_j \quad (3)$$

式中: TC 为碳排放总量(万t); S_j 为各类碳源碳排放量; q_j 为各类碳源的数量; ρ_j 为各类碳源的碳排放系数。其中,各类碳源的碳排放系数参照李波等^[30]的研究。

(2)农地经营规模($\ln scale$)及其平方项($(\ln scale)^2$)。选取各省(区)耕地面积与种植业劳动力人数的比值(亩/人)即农业人均耕地面积的自然对数来反映农地经营规模;同时考虑到小规模和规模化经营下农业生产行为可能存在差异,在各模型中均引入人均耕地面积对数及其平方项。

(3)种植结构($\ln stru$)。本文采用粮食作物播种面积与农作物总播种面积比重(%)的对数来表示种植结构。

(4)农业化学品投入强度($\ln fert$)。化肥、农药、农膜是农业化学品的主要内容。囿于农业化学品总费用这一指标获取的困难性,同时结合碳源结构数据观察到,化肥是使用量和排碳量最大的农业化学品^②。因此本文将化肥作为农业化学品代理变量,并将化肥折纯量与农作物总播种面积比值(kg/亩)的对数表示农业化学品投入强度。

(5)农业机械投入强度($\ln tect$)。农业机械化总动力可以综合反映农业生产中的机械化程度及其投资状况^[31]。本文用农业机械化总动力与农作物总播种面积比值(kW/hm²)的对数来表示农业机械投入强度。

(6)财政支农政策($fesa$)。本文财政支农政策是指用于农业生产和公共品投入的支出,包括粮食直接补贴、农机购置补贴、农资综合补贴、农业基本建设支出、支援农村生产支出和农村水利气象等部门的事业费等。采用财政支农支出与农林牧渔业总产值的比值来表示财政支农水平。

(7)其他控制变量。在上述核心变量的基础上,本文进一步控制了其他主要变量的影响,主要为农村居民人均纯收入(元)的对数($\ln pinc$)和复种指数(%)的对数($\ln mci$),其中,利用农村居民消费

②2016年化肥(折纯)、农药、农膜使用量分别为5984.41万、174.05万和260.26万t,排碳量依次为5247.69万、858.78万和1309.71万t。化肥使用量和排碳量分别占农业化学品总量、农业化学品碳排放总量的93.23%和70.76%。

2020年6月

价格指数(2000年为100)对农村居民人均纯收入进行平减。对可能存在的遗漏变量,主要通过差分GMM方法来克服。

3.3 数据来源

本文选取2000—2016年中国大陆31个省(区、市)(因数据缺失,不包括港澳台地区,下同)的面板数据进行实证。其中,农业碳排放总量由式(3)测算得到,农林牧渔业总产值、农作物总播种面积、灌溉面积、财政支农支出来自历年《中国统计年鉴》^[4],农药、化肥、农膜、柴油用量、耕地面积、种植业从业人数、粮食播种面积、农业机械化总动力、农村居民人均纯收入、农村居民消费价格指数和复种指数来自《中国农村统计年鉴》^[32]。

4 结果与分析

为避免使用非平稳数据进行分析而出现“伪回归”问题,在对模型进行估计之前对数据进行了LLC和Fisher-ADF两项单位根检验,结果显示除财政支农水平是一阶差分平稳外,其余变量均在1%的水平上为平稳序列。

运用差分GMM估计方法进行估计^③。为检验差分GMM模型设定的合理性以及工具变量的有效

性,进行了Wald检验、AR(2)检验和Sargan检验。Wald检验拒绝对解释变量系数为0的原假设,表明模型设定是合理的;AR(2)检验不能拒绝模型中“扰动项没有二阶序列相关”的原假设,说明差分GMM估计是一致的;Sargan检验接受了过度识别检验是有效的原假设,即工具变量是有效的。

4.1 中介效应检验

4.1.1 农地经营规模与中介变量对农业碳排放的影响

根据Baron等^[28]提出的中介效应检验逐步回归方法,农地经营规模对农业碳排放的总效应是显著的(模型(1)),且农地经营规模与农业碳排放之间呈现“U型”变化趋势(图2a),拐点处最优农地经营规模为10.87亩/人。

表1模型(2)–(4)是在其他变量一致的情况下,依次加入了种植结构(lnstru)、农业化学品投入强度(lnfert)和机械投入强度(lntect)3个关键变量的回归结果。从模型(2)–(4)的回归结果均可以看到,农地经营规模对农业碳排放的直接效应是显著的,且两者之间呈现“U型”变化趋势(图2b–2d),说明在不改变农业化学品和机械投入强度以及种植结构

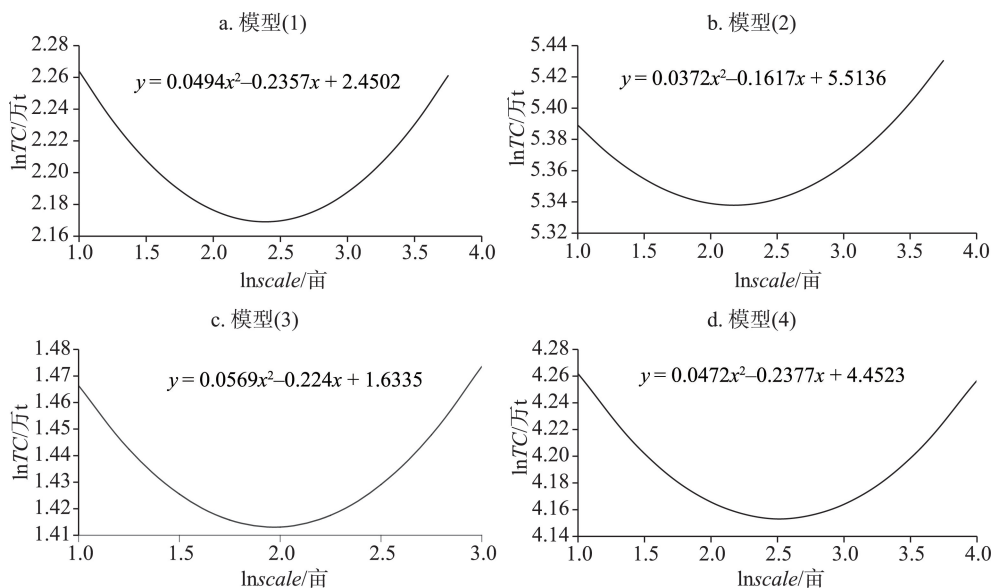


图2 模型(1)–(4)农地经营规模与农业碳排放的关系

Figure 2 Relationship between farmland management scale and agricultural carbon emissions in models (1)–(4)

③ GMM估计分差分GMM和系统GMM两种,根据Sargan检验结果,系统GMM估计可能会存在工具变量过度识别问题,因此本文选取差分GMM方法进行估计。估计是在使用稳健标准误(WC-Robust Standard Error)下进行的。

表1 农地经营规模与中介变量影响农业碳排放的基准回归

Table 1 Regression results of the influence of farmland management scale and intermediary variables on agricultural carbon emissions

	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
	被解释变量:lnTC	被解释变量:lnTC	被解释变量:lnTC	被解释变量:lnTC
L.lnTC	0.0152 (0.4)	0.0372 (0.67)	0.0059 (0.17)	0.0041 (0.11)
lnscale	-0.2357*** (-2.95)	-0.1617** (-2.05)	-0.2240*** (-3.01)	-0.2377*** (-2.65)
(lnscale) ²	0.0494** (2.26)	0.0372* (1.72)	0.0569* (1.85)	0.0472** (2.29)
lnstru		-0.8436* (-1.7)		
lnfert			0.8514*** (7.69)	
Intect				-0.3001* (-1.73)
控制变量	YES	YES	YES	YES
_cons	2.4502*** (4.15)	5.5136*** (2.84)	1.6335*** (2.93)	4.4523*** (3.3)
N	465	465	465	465
Wald 检验 P 值	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
AR(2)检验 P 值	0.5457	0.2596	0.9700	0.7685
Sargan 检验 P 值	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

注: **p*<10%, ***p*<5%, ****p*<1%;括弧内为*z*值。L表示一阶滞后项符号。

等因素时,农业碳排放具有明显的“规模效应”。当农地经营规模较小时,农业生产者对土地肥力有较好把握,随着精耕细作生产方式的强化,农地充分发挥了固碳功能,而当超过最优规模时,更多的土地集中和更频繁的土地整理活动,导致农地固碳作用下降,碳排放增加。通过对模型(2)–(4)进行求解,农地最优经营规模分别为8.79、7.16、12.40亩/人,均值为9.45亩/人。模型(2)中的粮食种植比例(lnstru)前的系数为-0.8436,这是因为相对经济作物来说,粮食作物产出较低,化学品投入也较低,因此碳排放较少。模型(3)中化肥投入强度(lnfert)的弹性系数显著为正,这是因为作为农业碳排放的最主要来源,化肥的大量使用加剧了农业生态系统的环境风险。模型(4)中机械投入强度(Intect)的系数显著为负,可见节能高效农业机械的使用减少了碳排放。

4.1.2 农地经营规模对中介变量的影响

由表1和表2检验结果可知,农地经营规模对农业碳排放产生影响的过程中,农业种植结构、化肥投入强度、农业机械投入强度发挥了中介作用,且这种中介作用在农地经营规模较小和较大时存在显著差异。表2模型模型(5)–(6)依次是因变量

表2 农地经营规模影响农业碳排放的中间渠道检验

Table 2 Test of the intermediary path of farmland scale affecting agricultural carbon emissions

	模型(5)	模型(6)	模型(7)
	被解释变量: lnstru	被解释变量: lnfert	被解释变量: Intect
L.lnstru	0.6070*** (14.29)		
L.lnfert		0.6784*** (4.12)	
L.Intect			0.6366*** (7.57)
lnscale	-0.0425 (-1.13)	-0.1089* (-1.79)	0.0541* (1.74)
(lnscale) ²	0.0095* (1.83)	0.0230** (2.10)	-0.0098* (-1.74)
控制变量	YES	YES	YES
_cons	0.5339*** (1.64)	0.5339 (1.64)	2.0413*** (2.77)
N	465	465	465
Wald 检验 P 值	0.0000	0.0000	0.0000
AR(2)检验 P 值	0.3017	0.514	0.6062
Sargan 检验 P 值	1.0000	1.0000	1.0000

为种植结构(lnstru)、化肥投入强度(lnfert)以及农业机械投入强度(Intect)的回归结果。模型(5)中,农地经营规模的平方项((lnscale)²)对粮食种植比例(lnstru)的弹性系数显著为正,这是因为粮食作物

2020年6月

属于土地密集型产品,更加强调规模经济。这也说明土地规模经营有助于“趋粮化”。模型(6)中农地经营规模(*lnscale*)及其平方项(*(lnscale)²*)对化肥投入强度(*lnfert*)的弹性系数分别为-0.1089和0.0230,这表明随着土地经营规模的扩大,化肥投入强度会逐渐下降,而当越过最优经营规模时,化肥的减量投入将大大弱化,投入强度会逐渐提高。模型(7)中农地经营规模(*lnscale*)及其平方项(*(lnscale)²*)对机械化投入强度(*lnlect*)的弹性系数分别为0.0541和-0.0098,这是因为农地细碎化经营增加了机械设备掉头、运作等管理方面的困难,因此农业机械化投入总体较低,而随着农地经营规模的扩大,家庭才便于使用大型机械设备,当经营规模扩大到最优状态时,农机利用效率最高。模型(5)-(7)中种植结构、化肥投入强度和机械投入强度的滞后一期变量均在1%的水平上显著为正,说明农地利用方式存在一定程度的路径依赖。

4.2 财政支农政策的调节效应检验

表3模型(8)-(10)是在其他变量一致的情况下,依次加入了种植结构(*lnstru*)以及种植结构与财政支农政策(*fesa*)交互项、化肥投入强度(*lnfert*)以及化肥投入强度与财政支农政策交互项、农业机械投入强度(*lnlect*)以及农业机械投入强度与财政支农政策交互项的回归结果。从模型(8)-(10)的回归结果可以看到,同时考虑中介效应和调节效应,农地经营规模对农业碳排放的直接影响依然呈现“U型”变化趋势(图3)。通过求解,农地经营的最优规模依次为9.67、10.67和16.97亩/人(图3a-图3c),均值为12.44亩/人。

由调节效应检验结果可知,当中介变量为种植结构(*lnstru*)时,模型(8)中种植结构(*lnstru*)与财政支农支出(*Fesa*)的交互项系数显著为正,即在高财政支农支出时,粮食种植比例与农业碳排放之间的负向关系得到进一步加强。原因在于粮食补贴增加有利于提高农民种粮积极性。当中介变量为化肥投入强度(*lnfert*)时,模型(9)中化肥投入强度(*lnfert*)与财政支农支出的交互系数显著为负,意味着财政支农政策对化肥投入强度与农业碳排放之间的正向关系具有负向调节作用,这是因为,化肥过量施用导致的环境污染问题越来越引起社会各界

表3 财政支农政策的调节效应检验

Table 3 Regulatory effect of fiscal support policy on the relationship between intermediary variables and the scale of farmland management

	模型(8) 被解释变量: <i>lnTC</i>	模型(9) 被解释变量: <i>lnTC</i>	模型(10) 被解释变量: <i>lnTC</i>
<i>L.lnTC</i>	-0.0002 (-0.00)	0.0057 (0.18)	0.0156 (0.32)
<i>lnscale</i>	-0.1693* (-1.75)	-0.1089* (-1.79)	-0.2016* (-1.95)
<i>(lnscale)²</i>	0.0373* (1.89)	0.0230** (2.10)	0.0356** (2.03)
<i>fesa</i>	2.7559* (1.96)	2.6396*** (3.89)	0.1985 (0.67)
<i>lnstru</i>	-0.7000* (-1.91)		
<i>fesa×lnstru</i>	1.3350* (1.89)		
<i>lnfert</i>		0.9059*** (6.22)	
<i>fesa×lnfert</i>		-0.8559*** (-4.14)	
<i>lnlect</i>			-0.2765* (-1.77)
<i>fesa×lnlect</i>			-0.0638 (-0.52)
控制变量	YES	YES	YES
<i>_cons</i>	5.1281*** (2.97)	1.0313** (2.10)	4.0630*** (3.53)
<i>N</i>	465	465	465
Wald 检验 <i>P</i> 值	0.0000	0.0000	0.0000
AR(2) 检验 <i>P</i> 值	0.9080	0.8926	0.5713
Sargan 检验 <i>P</i> 值	1.0000	1.0000	1.0000

的高度重视,为促进农业绿色发展,政府层面深入开展了农业化肥的减量增效行动,特别是自2005年以来农业部在全国范围内开展的测土配方施肥补贴项目,有效提高了化肥施用效率,缓解了施肥比例不合理问题^[24]。随着测土配方施肥补贴增多,化肥施用量进一步下降,化肥施用碳排放有减弱的趋势。当中介变量为农业机械投入强度(*lnlect*)时,模型(10)中财政支农支出的调节效应不显著,这可能是由于现阶段农业财政支农支出中用于技术进步和节能环保农业机械的专项投入和补贴力度尚显不足,对农业机械投入与农业碳排放关系的影响还不够明显。

综合中介效应和调节效应来看,农地经营规模既可以直接作用于农业碳排放,也可以通过种植结构、农业化学品投入强度以及机械投入强度中介变量“部分地”影响农业碳排放,同时财政支农政策在

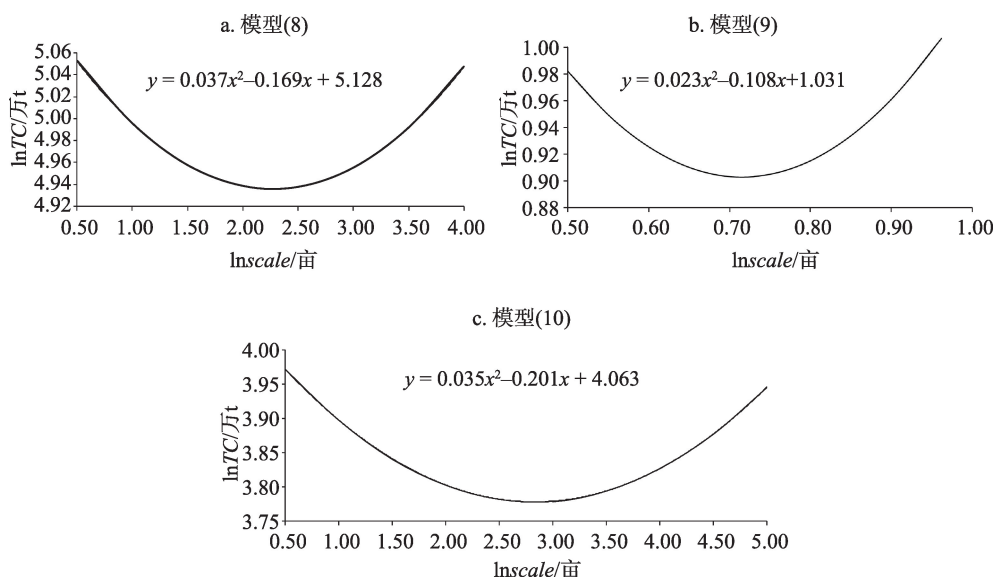


图3 模型(8)-(10)农地经营规模与农业碳排放的关系

Figure 3 Relationship between farmland management scale and agricultural carbon emissions in models (8)-(10)

种植结构、农业化学品投入强度这两条中介渠道中发挥了显著的调节作用。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文将农地利用方式分解为3个具体方面:种植结构、农业化学品投入强度、机械投入强度,从三者的中介效应以及财政支农政策的调节效应出发系统梳理并检验了农地经营规模影响农业碳排放的具体渠道,主要结论如下:

(1)农地经营规模对农业碳排放具有直接影响。即在不改变农业化学品和机械投入强度与种植结构等因素的影响下,农地经营规模与农业碳排放之间呈现“U型”变化趋势。

(2)农地经营规模对农业碳排放的间接影响主要通过种植结构、化肥投入强度、机械投入强度这3条中介渠道表现出来:农地经营规模与前两者之间均呈现“U型”关系,与后者为“倒U型”关系,种植结构、农业机械投入强度负向影响了农业碳排放,化肥投入强度正向促进了农业碳排放。

(3)财政支农政策在种植结构、化肥投入强度影响农业碳排放的过程中发挥了显著的调节作用。较高的财政支农支出水平加强了粮食种植比例与农业碳排放之间的负向关系,削弱了化肥投入强度与农业碳排放之间的正向关系。

5.2 讨论

本文研究结论对于科学认识农地适度规模经营、优化财政支农政策以减少农业碳排放具有重要的政策涵义。

(1)同时考虑中介效应和调节效应得出农地最优经营规模的均值为12.44亩/人,结合省际数据,目前实际农地经营规模的均值为8.41亩/人,低于拐点,因此现阶段农地经营规模的适度扩大能减少农业碳排放。同时本文发现不考虑中介效应和调节效应得出的农地最优经营规模为10.87亩/人,只考虑中介效应而不考虑调节效应得出的农地最优经营规模的均值为9.45亩/人,均低于12.44亩/人,这是因为没有将种植结构、农业化学品投入强度、机械投入强度的中介效应从农地经营规模的总效应中分离出来以及未考虑财政支农政策的调节效应,导致农地经营规模的回归系数偏大,从而低估“U型”曲线拐点处的农地经营规模。因此为保证农业碳减排政策的科学性和合理性,在适度扩大农地经营规模的同时,也要加强对种植结构、施肥、喷药、灌溉、农机具使用等多个生产环节的科学管理,实现农地利用方式的科学化和低碳化。

(2)尽管当前财政支农政策通过种植结构调整与化肥减量化投入对节能减排起到了显著促进作用,但通过农业机械投入来促进农业碳减排的效果

2020年6月

并不明显,这可能是因为一方面支农技术资金不足导致低耗高效农业机械研发技术推广困难,另一方面当前中国农业财政补贴发放体系较为混乱,很多地区建立“一卡制”一揽子发放粮食直补、化肥农药减量增效以及农机购置补贴等多项补贴,导致农户对农用节能机械补贴政策了解甚少,相关政策的驱动效果欠佳。因此未来除了发挥好农业财政经济功能的角色外,还要发挥好其环保功能的角色。一方面要注重农业财政补贴结构的优化与调整,保证有更多的财政支农资金向节能环保型农业机械和低碳科技研发领域有效倾斜;另一方面建议通过镇、村、组公开栏张贴涉农补贴发放公示、印发《财政支农政策手册》等方式及时公布各项涉农补贴的发放标准和发放动态,促进农业补贴发放信息公开化和透明化。

需指出的是,本文运用人均耕地面积来反映农地经营规模,缺少农户层面的农地经营规模数据,但本文的目的在于说明和解释问题,可通过本文的实证检验得到一些启示性结论;将部分研究结果如确切的农地最优经营规模直接引申到农户层面时应采取谨慎态度。未来可以进一步使用农户层面数据来研究农地经营规模对农业碳排放的影响路径,从而验证本文结论的稳健性。

参考文献(References):

- [1] 刘汉成,关江华.适度规模经营背景下农村土地流转研究[J].农业经济问题,2019,(8): 59-64. [Liu H C, Guan J H. Study on the problem of farmland transfer on the background of moderate scale management[J]. Issues in Agricultural Economy, 2019, (8): 59-64.]
- [2] 李玉红.农业规模化经营的外部性分析:一个生态环境角度的考察[J].重庆理工大学学报(社会科学),2016,30(7): 37-43. [Li Y H. Externality analysis of agricultural scale management: an ecological environment perspective[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Social Science), 2016, 30(7): 37-43.]
- [3] 王珊珊,张广胜.非农就业对农户碳排放行为的影响研究:来自辽宁省辽中县的证据[J].资源科学,2013,35(9): 1855-1862. [Wang S S, Zhang G S. The impact of off-farm employment on the agricultural carbon emission behavior of farmers: Evidence from Liaozhong County, Liaoning Province[J]. Resources Science, 2013, 35(9): 1855-1862.]
- [4] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001-2018. [National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2001-2018.]
- [5] 叶初升,惠利.农业财政支出对中国农业绿色生产率的影响[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2016,69(3): 48-55. [Ye C S, Hui L. The impact of agricultural public financial expenditure on China's agricultural green productivity[J]. Wuhan University Journal (Philosophy & Social Science), 2016, 69(3): 48-55.]
- [6] 张小洁,张忠潮.土地规模化经营对农业碳排放的影响机制[J].广东农业科学,2012,39(20): 176-179. [Zhang X J, Zhang Z C. The effect mechanism of large-scale management to agricultural carbon emissions[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012, 39(20): 176-179.]
- [7] 曲福田,卢娜,冯淑怡.土地利用变化对碳排放的影响[J].中国人口·资源与环境,2011,21(10): 76-83. [Qu F T, Lu N, Feng S Y. Effects of land use change on carbon emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(10): 76-83.]
- [8] 李波,刘雪琪,王昆.中国农地利用结构变化的碳效应及时空演进趋势研究[J].中国土地科学,2018,32(3): 43-51. [Li B, Liu X Q, Wang K. Study on carbon effects and spatial-temporal evolution trend based on the changes of agricultural land use in China [J]. China Land Science, 2018, 32(3): 43-51.]
- [9] 张丰翠,陈英,谢保鹏,等.农村空心化对农地流转及农地利用方式变化的影响[J].干旱区资源与环境,2019,33(10): 72-78. [Zhang F C, Chen Y, Xie B P, et al. Impact of rural hollowization on circulation farmland and changes in agricultural land use patterns[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2019, 33(10): 72-78.]
- [10] 张宗毅,杜志雄.土地流转一定会导致“非粮化”吗?基于全国1740个种植业家庭农场监测数据的实证分析[J].经济学动态,2015,(9): 63-69. [Zhang Z Y, Du Z X. Will land transfer lead to “nonbgrain”? An empirical analysis based on the monitoring data of 1740 family farms in China[J]. Economic Perspectives, 2015, (9): 63-69.]
- [11] 田红宇,祝志勇.农村劳动力转移、经营规模与粮食生产环境技术效率[J].华南农业大学学报(社会科学版),2018,17(5): 69-81. [Tian H Y, Zhu Z Y. Rural labor migration, scale of operation and environmental technical efficiency of grain production[J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2018, 17(5): 69-81.]
- [12] 钟甫宁,陆五一,徐志刚.农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗:对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析[J].中国农村经济,2016(7): 36-47. [Zhong F N, Lu W Y, Xu Z G. Is it not conducive to grain production for rural labor force to go out to work: Analysis on the behavior and constraints of farmers' element substitution and planting structure adjustment[J]. Chinese Rural Economy, 2016(7): 36-47.]
- [13] 杨秀玉,乔翠霞.农业补贴对生态环境的影响:从化肥使用角度分析[J].中国农业资源与区划,2018,39(7): 47-53. [Yang X Y, Qiao C X. The impact of agricultural subsidies on ecological environment: Analysis from the perspective of chemical fertilizer use

- [J]. Agricultural resources and Regionalization in China, 2018, 39 (7): 47-53.]
- [14] 刘莉, 刘静. 基于种植结构调整视角的化肥减施对策研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(1): 17-25. [Liu L, Liu J. Countermeasures of reducing fertilizer application based on the perspective of plant structure adjustment[J]. Agricultural resources and Regionalization in China, 2019, 40(1): 17-25.]
- [15] 易小燕, 袁梦, 尹昌斌. 我国种植业化学品投入状况与转变路径研究[J]. 中国工程科学, 2017, 19(4): 124-129. [Yi X Y, Yuan M, Yin C B. Research on the status and transformation path of chemical input in China's planting industry[J]. Engineering Sciences, 2017, 19(4): 124-129.]
- [16] 金书秦, 沈贵银. 中国农业面源污染的困境摆脱与绿色转型[J]. 改革, 2013(5): 79-87. [Jin S Q, Shen G Y. The dilemma and green transformation of agricultural non-point source pollution in China[J]. Reform, 2013(5): 79-87.]
- [17] 杨进, 向春华, 张晓波. 中国农业的劳动分工: 基于生产服务外包的视角[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2019, 33(2): 45-55. [Yang J, Xiang C H, Zhang X B. The division of labor in Chinese agriculture: Based on production service outsourcing perspective[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Social Science Edition), 2019, 33(2): 45-55.]
- [18] 孔祥智, 张琛, 张效榕. 要素禀赋变化与农业资本有机构成提高: 对1978年以来中国农业发展路径的解释[J]. 管理世界, 2018, 34(10): 147-160. [Kong X Z, Zhang C, Zhang X R. Change of factor endowment and improvement of agricultural capital organic composition: An explanation of China's agricultural development path since 1978[J]. Management World, 2018, 34(10): 147-160.]
- [19] 张露, 罗必良. 农业减量化: 农户经营的规模逻辑及其证据[J]. 中国农村经济, 2020(2): 81-99. [Zhang L, Luo B L. Agricultural reduction: the scale logic and evidence of farmers' management [J]. Chinese Rural Economy, 2020(2): 81-99.]
- [20] 王嫚嫚, 刘颖, 蒯昊, 等. 土地细碎化、耕地地力对粮食生产效率的影响: 基于江汉平原354个水稻种植户的研究[J]. 资源科学, 2017, 39(8): 1488-1496. [Wang M M, Liu Y, Kuai H, et al. The effects of land fragmentation and land quality on the technical efficiency of grain production based on 354 rice planters on the Jianghan Plain[J]. Resources Science, 2017, 39(8): 1488-1496.]
- [21] 胡雯, 张锦华, 陈昭玖. 小农户与大生产: 农地规模与农业资本化: 以农机作业服务为例[J]. 农业技术经济, 2019, (6): 82-96. [Hu W, Zhang J H, Chen Z J. Small farmer and large scale production: Farmland scale and agricultural capital deepening: Taking agricultural machinery operation service as example[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2019, (6): 82-96.]
- [22] 刘英基. 粮食生产的能源投入及技术变动趋势[J]. 华南农业大学学报(社会科学版), 2015, 14(3): 104-113. [Liu Y J. Energy input and technology change trend of grain production[J]. Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition), 2015, 14(3): 104-113.]
- [23] 邓悦, 陈儒, 徐婵娟, 等. 低碳农业技术梳理与体系构建[J]. 生态经济, 2017, 33(8): 98-104, 123. [Deng Y, Chen R, Xu C J, et al. Low carbon agricultural technology carding and system construction[J]. Ecological economy, 2017, 33(8): 98-104, 123.]
- [24] 薛彩霞, 姚顺波, 李卫. 我国环境友好型农业施肥技术补贴探讨[J]. 农机化研究, 2012, 34(12): 244-248. [Xue C X, Yao S B, Li W. Discussion on subsidy of fertilization technology for environment friendly agriculture in China[J]. Research on Agricultural Mechanization, 2012, 34(12): 244-248.]
- [25] 唐汉, 王金武, 徐常塑, 等. 化肥减施增效关键技术研究进展分析[J]. 农业机械学报, 2019, 50(4): 1-19. [Tang H, Wang J W, Xu C S, et al. Analysis on the key technology of reducing fertilizer application and increasing benefit[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2019, 50(4): 1-19.]
- [26] 熊冬洋. 促进低碳农业发展的财政政策研究[J]. 经济纵横, 2017, (5): 112-117. [Xiong D Y. A study on fiscal policy to promote the development of low-carbon agriculture[J]. Economic Review Journal, 2017, (5): 112-117.]
- [27] 张天佐, 郭永田, 杨洁梅. 基于价格支持和补贴导向的农业支持保护制度改革回顾与展望[J]. 农业经济问题, 2018(11): 4-10. [Zhang T Z, G Y T, Yang J M. Review and prospect of agricultural support and protection system reform based on price support and subsidy orientation[J]. Issues in Agricultural Economy, 2018(11): 4-10.]
- [28] 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.
- [29] 温忠麟, 叶宝娟. 有调节的中介模型检验方法: 竞争还是替补? [J]. 心理学报, 2014, 46(5): 714-726. [Wen Z L, Ye B J. Different methods for testing moderated mediation models: Competitors or backups? [J]. Acta Psychologica Sinica, 2014, 46(5): 714-726.]
- [30] 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. [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.]
- [31] 李谷成, 李焯阳, 周晓时. 农业机械化、劳动力转移与农民收入增长: 孰因孰果? [J]. 中国农村经济, 2018(11): 112-127. [Li G C, Li Y Y, Zhou X S. Agricultural mechanization, labor transfer and farmers' income growth: Which is the cause and effect? [J]. Chinese Rural Economy, 2018(11): 112-127.]
- [32] 国家统计局. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001-2017. [National Bureau of Statistics. China Rural Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2001-2017.]

The impact of farmland management scale and fiscal policy for supporting agriculture on agricultural carbon emission

LIU Qiong, XIAO Haifeng

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the dynamic panel data of the provinces in China's mainland from 2000 to 2016, this study constructed a model of regulated mediating effects, and tested the impact of farmland management scale on agricultural carbon emissions. The results show that farmland management scale has both direct and indirect effects on agricultural carbon emissions. The direct impact is embodied in the "scale effect," that is a U-shaped trend between farmland management scale and agricultural carbon emissions. The indirect influence is reflected by farmland utilization mode. The relationship between farmland management scale and planting structure or fertilizer input intensity is U-shaped, and that between the former and mechanical input intensity is inverted U-shaped. Planting structure and mechanical input intensity restrain agricultural carbon emissions while fertilizer input intensity promote that. Agricultural finance plays a significant regulatory role in the impact of planting structure or fertilizer input intensity on agricultural carbon emissions. Higher level of fiscal expenditure positively regulates the negative relationship between planting structure and agricultural carbon emissions, and negatively regulated the positive relationship between fertilizer input intensity and the latter. Therefore, in order to promote the low-carbon development of agriculture, on the one hand, it is necessary to appropriately expand the scale of farmland management and strengthen the scientific management of farmland utilization; on the other hand, it is advised to continuously increase the financial support for agriculture and further optimize the structure of agricultural financial subsidies.

Key words: farmland management scale; fiscal policy for supporting agriculture; planting structure; chemical fertilizer; agricultural machinery; agricultural carbon emissions