

规模经营与农业绿色发展

——基于农业绿色全要素生产率的观察

宋燕平, 范祥祺, 耿鹏鹏

(安徽农业大学 经济管理学院, 安徽 合肥 230036)



摘要 规模化经营与绿色化发展是实现农业高质量发展的题中之义。明晰规模经营与农业绿色发展的关系具有重要的理论与现实意义。运用SBM-GML指数测算并刻画我国农业绿色全要素生产率的时空演变趋势, 基于2008—2021年中国省级面板数据, 使用固定效应模型实证研究了土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率的影响及作用路径。研究发现: 我国省域农业绿色全要素生产率与规模经营在研究期内整体均呈上升趋势; 土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率影响存在先扩大后缩小的倒“U”型非线性关系, 两种规模经营和农业绿色全要素生产率之间均存在适度规模效应; 农业机械化水平在规模经营对农业绿色全要素生产率的影响中发挥作用。两种规模经营对不同地区农业绿色全要素生产率的影响具有异质性。因此, 应促进农业适度规模经营、提高农业机械化水平、因地制宜发展规模经营。

关键词 农业绿色全要素生产率; 土地规模经营; 服务规模经营; 农业机械化水平

中图分类号: F326 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2024)04-0057-14

DOI编码: 10.13300/j.cnki.hnwkxb.2024.04.006

党的十八大首次提出“五位一体”总体布局, 建设社会主义生态文明成为重要组成部分。党的二十大再次强调: “绿色、循环、低碳发展迈出坚实步伐, 生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化”。农业作为生态文明建设的重要组成部分, 推动农业绿色发展成为现代农业发展的主流^[1]。我国经济社会快速发展, 推动了农业生产力发生变革, 农业规模经营发展也被赋予不同时代内涵, 把握规模经营成为重要突破口^[2]。

规模经营和绿色发展是农业高质量发展的主要内容, 规模经营能提升生产效率, 绿色发展能提高产品质量^[3]。中国农业规模经营特色非常明显, 表现为土地规模和服务规模并存^[4]。土地规模通过各类新型经营主体的农地规模经营实现, 而服务规模则通过各类服务主体带动小农户实施。中国的规模经营能否促进绿色化是实现农业绿色发展必须回答的问题。目前相关研究分别探索了两种规模经营与农业绿色发展之间的关系。关于土地规模经营与农业绿色发展, 徐湘博等分析了土地转入规模、土地规模经营与农业碳排放强度之间的关系, 结果显示农户扩大土地规模经营能够降低作物碳排放强度^[5]。有学者证实了土地规模经营对化肥农药施用减量的正向影响^[6]。也有研究表明土地规模经营对化肥使用强度、土地规模经营与农业绿色全要素生产率、耕地利用规模与农业环境效率呈现“先促进后抑制”的非线性关系^[7-8]。关于服务规模经营与农业绿色发展, 张露等证实了服务规模有利于化肥农药减量^[9]。同时, 有学者分析了生产性服务碳减排实现路径, 罗明忠进一步验证了生产性服务可以通过促进规模经营来降低农业碳排放水平^[10]。也有研究表明服务规模经营能有效提升农业全要素生产率, 促进农业绿色发展^[11]。

以上研究分别证实了两种规模经营是促进农业绿色发展的重要途径, 且要素优化配置、采用机

械、引进技术等均在其中发挥作用。土地规模经营与服务规模经营是相互联系,相互促进的,表现为经营主体和服务主体之间在规模经营过程中的相互重合与嵌入,两种规模经营都是寻求创新以降低成本和获取更多利益^[12]。因此,两种规模经营与农业绿色发展具有内在联系和逻辑关联,而且,从规模化的角度而言,两类规模经营无法割裂,将三者纳入一个统一分析框架更能体现两种规模经营的整体性、协同性和系统性,从而弥补学界在研究规模经营与绿色化问题上的单线逻辑,增强政策建议的科学性。其次,目前关于规模经营与绿色发展的研究主要着重于规模经营与化肥、农药减量的单一指标之间的分析。而农业全要素生产率是农业高质量发展的核心监测指标^[13],农业绿色全要素生产率是在传统农业全要素生产率基础上加入环境资源约束,既能衡量农业发展、粮食增产稳产,又能反映农业减排固碳效果,能更加全面反映农业现代化和农业绿色发展^[14]。再次,绿色发展是否存在两种规模经营的“适度规模效应”并未获学者一致观点。部分研究显示,土地规模经营对化肥减量、农业碳减排与农业绿色全要素生产率的影响存在非线性关系,呈倒“U”型变动特征,说明土地规模经营与绿色发展间存在适度规模^[15];对于服务规模经营与农业绿色发展间的关系,多数学者认为服务主体自发具有化肥减量、绿色技术引入等倾向,能较大程度提高农业绿色全要素生产率,促进农业绿色发展,但两者间并不存在非线性关系^[16]。甚至有研究表明“适度规模经营”并不必然促进绿色发展,反而对农业面源污染产生加剧作用,可以通过收入水平提高和农业产业结构调整进行抑制^[17]。

所以,规模经营影响农业绿色全要素生产率的“黑箱”未能完全被打开,土地规模经营、服务规模经营对农业绿色全要素生产率的作用机制究竟是什么?两者是否存在差异?农业规模经营与绿色农业发展之间是否存在适度规模经营?通过对以上问题的研究,可以进一步深入探索规模经营对农业绿色发展的作用机制,从而丰富和拓展相关研究。鉴于此,本文选取2008—2021年中国省级面板数据,运用SBM—GML指数测算农业绿色全要素生产率,分析土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率的影响,同时检验“双路径”规模经营与农业绿色全要素生产率之间的关系,考察不同地区规模经营对农业绿色全要素生产率的异质性。

一、理论分析与研究假设

1. 规模经营对农业绿色全要素生产率的影响机理

规模经营通过化肥农药减量且提高使用效率、技术引入和优化要素配置影响农业绿色全要素生产率,从而促进农业绿色发展。

化肥农药减量且提高使用效率。规模经营通过减少化肥、农药的投入强度,提高其使用效率,减少污染和碳排放,从而提高了农业绿色全要素生产率的投入效率。首先,农户土地规模较小时,农户倾向于自己辗转不同地块间喷洒化肥农药,不仅耗费较多体力、增加劳动时长,还不利于精准把控化肥农药的施用剂量与喷洒范围,为覆盖到边缘作物,农户必会增加单位面积化肥农药施用量。而土地规模经营可以通过土地流转促使土地集中,随着土地连片规模的扩大,农户不需要辗转各地块劳作能节省体力、缩短工时,并有利于机械化作业,同时,连片作业有利于农户提升喷洒化肥农药的熟练程度,大面积喷洒化肥农药反而提高了作业精准度,促进化肥农药减量^[18]。经营规模的扩大有利于丰富社会资本,拓宽信息获取渠道,增加有机肥、测土配方肥使用的可能性^[19],并根据农作物对肥料的需求规律与土壤供肥性能,调整施肥结构,提高化肥使用效率^[20]。其次,服务规模经营受成本压力驱使,通过减少化学品的投入来压缩成本,实现化肥农药减量增效,进而降低自身服务价格,积累声誉资本,提高产品竞争力^[21]。最后,随着消费者对绿色健康生活质量的追求,绿色、有机农产品的需求增加,倒逼规模经营主体通过生产方式转型,实现化肥、农药减量,从而提升农产品的附加价值,促进农业绿色发展。

技术引入。土地规模经营主体有能力引入和采纳新技术,特别是绿色新技术,提高技术效率。服务规模经营主体在服务过程中更容易引进新技术,分摊技术引进成本,克服小农难以获取新技术的障碍^[22]。同时,规模户将同种作物连片经营时,能达到较大规模的市场容量,采用高效的新技术更

有利于其生产效率的提高^[23]。其次,绿色新技术的引进存在潜在风险,规模经营主体的资本实力促使其更有能力采用先进的低碳农业技术,抵御潜在风险,实现绿色技术对化学投入品的部分替代。再次,经营规模扩大还能够提升规模户的绿色生产意识,诱发相邻地区间相互学习先进的绿色技术,促进环境友好型生产技术的采纳^[24],从而推动农业碳减排,实现区域间农业绿色同步发展,提高绿色生产效率^[25]。

优化要素配置。农业生产是劳动力、土地、资本等多种要素配置的过程,农业绿色生产行为不仅需要一定程度的资源禀赋,同时也需要合理配置各类资源禀赋^[26]。土地规模经营可以优化土地与劳动力、土地与资本等要素间的合理配置,解决土地分散引起的资源利用低问题,适当提高农业生产效率,对农业绿色发展产生影响^[27]。与土地规模经营相同,服务规模经营在优化劳动力、土地以及资本投入方面也具有明显优势。服务主体可以促进不同地块农户种植相同农作物,为其提供专业化服务,减少不同种类作物小规模生产造成的成本消耗与污染物排放^[28]。专业化服务组织提供服务外包,整地、栽种和收割等环节作为中间产品,优化劳动力要素配置,满足生产需求,提高生产效率^[29]。因此,规模经营能够实现要素优化配置,促进农业绿色发展。

适度规模经营使生产要素配置达到最佳时,能获得最优经营效益,当生产要素配置偏离最佳组合,收益开始呈现边际递减趋势^[30]。土地集中并形成规模是土地规模经营的核心特征,若单纯扩大土地规模经营,却不能保证机械、人力等要素的匹配,土地规模扩张所带来的收益则可能被抵消,生产效率降低^[31]。如随农地经营规模扩大,农户合理施用化肥农药趋势增强,但随着规模进一步扩大,改善的幅度逐级递减,经营规模继续扩大反而会增加化肥农药施用强度^[32]。服务规模经营同样需基于不同环节、不同作物配备不同的农业机械设备,将物质资本、人力资本等导入生产环节,提高生产效率,但这些资本的过度投入会进一步增加沉没成本压力,使得生产效率降低,并产生污染^[33]。所以,两种规模经营与绿色发展的关系可能是非线性的,存在规模阈值。基于此,本文提出如下假设:

H₁: 土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率产生影响,两种规模经营与其存在倒“U”型非线性关系。

2. 农业机械化水平的机制作用

农业机械化水平一定程度上标志着农业现代化发展水平,自改革开放以来我国农业机械总动力不断增加,农业机械化水平的提高显著缩短了劳动时间、降低了劳动成本、提高了农业生产效率^[34]。

农业机械化在规模经营与农业绿色全要素生产率之间具有促进作用,但在不同阶段作用不同。就土地规模经营而言,初期土地规模较小时,经营主体通过采购小型农业机械实现要素合理配置,降低农药化肥的使用量,提高农业绿色生产效率。随着土地规模的不断扩大,农户面临劳动力供给不足、劳动力价格持续上涨、劳动监督考核难等一系列问题,使用小型农业机械和购买机械化服务已经不能满足生产需求,购置收割机等大型农机成为土地规模户的理性选择,但投资成本随之增加,由此产生较大的沉没成本压力,进而增加了资本投入与资金约束,不利于生产效率的提高,农业绿色全要素生产率可能出现削弱^[35]。

服务规模经营能有效降低小农户的机械使用成本,优化机械要素匹配,提高农业机械化水平,为其带来生产便利,减少粮食损耗与化学资本投入,提高生产效率,促进农业绿色发展^[36]。但随着农户对外包服务需求的扩大,能够提供“一条龙”服务的主体较少,服务规模经营呈现跨区作业特征,受地理、交通等因素限制,服务主体在跨区运输机械时能源消耗较大,成本、污染排放也随之增加^[37]。同时,各机械环节缺乏监督,服务主体可能会降低服务质量,显然不利于农业绿色发展^[38]。其次,作物类型不同导致机械需求类型与使用时间均存在差异,所需机械之间难以通用,产生闲置成本压力,服务规模的扩大可能会促使农业机械过度损耗,服务主体为降低服务成本,使用廉价的化学品代替机械设备、先进技术等的投入,抑制农业绿色全要素生产率的提升^[39]。基于此,本文提出如下假设:

H₂: 规模经营通过机械化水平对农业绿色全要素生产率产生影响,不同规模经营呈现不同的作用路径。

二、研究方法与数据来源

1. 农业绿色全要素生产率的测度

(1)超效率SBM-GML指数。为规避传统数据包络分析法(DEA)选择径向和角度所导致的偏差,比较多个有效决策单元之间的效率差异,参照Tone的研究^[40],采用非径向、非角度的方向性距离函数(SBM)对农业绿色全要素生产率进行测算。假定存在 n 个省份,每个省份均包含 m 种投入,投入向量 $x \in R^m$ 、期望产出向量 $y^g \in R^{s_1}$ 和非期望产出向量 $y^b \in R^{s_2}$,可定义矩阵分别为 $X = [x_1, \dots, x_n] \in R^{m \times n} > 0$, $Y^g = [y_1^g, \dots, y_n^g] \in R^{s_1 \times n} > 0$, $Y^b = [y_1^b, \dots, y_n^b] \in R^{s_2 \times n} > 0$ 。有限生产可能性集合为:

$$P = \{(x, y^g, y^b) | x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, \lambda > 0, y^g > 0\} \quad (1)$$

规模收益可变情况下超效率SBM模型为:

$$\begin{aligned} \min \rho^* = & \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{rk}^g} + \sum_{t=1}^{s_2} \frac{s_t^b}{y_{tk}^b} \right)} \quad (2) \\ \text{s.t. } & x_{ik} \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- \\ & y_{rk}^g \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \\ & y_{tk}^b \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{tj} \lambda_j - s_t^{b-} \\ & 1 - \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{rk}^g} + \sum_{t=1}^{s_2} \frac{s_t^b}{y_{tk}^b} \right) > 0 \end{aligned}$$

$$s_i^-, s_r^g, s_t^b, \lambda \geq 0; i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s_1; t = 1, 2, \dots, s_2; j = 1, 2, \dots, n (j \neq k)$$

式(2)中, ρ^* 为决策单元的效率值,且可以大于1,因而能够对有效决策单元进行区分; s_i^- 、 s_r^g 、 s_t^b 分别为投入、期望产出和非期望产出的松弛量; λ 为权重向量; k 为被评价单元。

在面板数据效率研究中,ML指数和GML指数广泛应用,但GML指数更适用于存在线性规划无可行解的情况。因此,本研究选择GML指数作为农业绿色全要素生产率指数的测量方法。参照Oh的研究^[41],GML指数定义如下:

$$GML^{t,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; x^t, y^t, b^t) = \frac{1 + D_G^T(x^t, y^t, b^t)}{1 + D_G^T(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \quad (3)$$

(2)农业绿色全要素生产效率测算指标的来源与选取。2008年中央一号文件指出要在有条件的地方,通过土地流转实现适度规模经营。同年,中共十七届三中全会审议通过的《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》^①中提出:“加强土地承包经营权流转管理和服务,建立健全土地承包经营权流转市场,按照依法自愿有偿原则,允许农民以转包、出租、互换、转让、股份合作等形式流转土地承包经营权,发展多种形式的适度规模经营。”自此,我国土地规模经营实现快速发展,规模经营进入快速发展阶段。因此,本文选取2008—2021年中国26个省份的面板数据,由于港、澳、台、西藏部分指标缺失,且北京、上海、天津与重庆4个直辖市城镇化率较高,地区农业发展与其他省份差异较大,因此剔除了这几个地区样本^[42]。农业绿色全要素生产率所需的投入与产出数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》以及各省统计年鉴。

投入变量。本文选取劳动力投入、土地投入、灌溉投入、机械投入、农药投入、化肥投入、农膜投入作为投入变量。其中,劳动力投入参考杜江等的做法^[43],将农业总产值占农林牧渔总产值(以2008

① 参见中国政府网, https://www.gov.cn/jrzq/2008-10/19/content_1125094.htm。

年为不变价)的比值作为权重,根据第一产业从业人数估计农业从业人数(万人),以农业从业人数表示劳动力投入;土地投入以农作物总播种面积(千公顷)表示;机械投入与劳动力投入做法一致,将农业总产值占农林牧渔总产值(以2008年为不变价)的比值作为权重,根据农林牧渔机械总动力估计农业机械总动力(万千瓦);化肥投入、农药投入、农膜投入以农用化肥使用折纯量(万吨)、农药使用折纯量(万吨)和农用塑料薄膜使用量(万吨)表示;灌溉投入以农业有效灌溉面积(千公顷)表示。

期望产出。参考李谷成的做法^[44],本文将农业总产值以2008年为基期进行平减处理,得到消除价格因素影响的期望产出变量。

非期望产出。对农业生产过程中产出的碳排放量进行计算,汇总得到的碳排放总量作为本文的非期望产出。其中,碳排放总量计算公式为: $E = \sum E_i = \sum T_i \times \delta_i$, T_i 表示不同碳源的排放量,主要碳源为农药、化肥、农膜、翻耕、灌溉、柴油, δ_i 表示不同碳源的碳排放系数,各排放源系数见表1所示。

表1 碳排放源系数及参考来源

碳源	碳排放系数	参考来源
农药	4.934/(kg/kg)	美国橡树岭国家实验室
化肥	0.896/(kg/kg)	美国橡树岭国家实验室
农膜	5.180/(kg/kg)	IPCC联合国气候变化政府间专家委员会
翻耕	312.6/(kg/km ²)	中国农业大学与生物技术学院
灌溉	20.476/(kg/hm ²)	李波等 ^[45]
柴油	0.593/(kg/kg)	IPCC联合国气候变化政府间专家委员会

2. 变量选取与数据来源

(1)被解释变量。本文的被解释变量为农业绿色全要素生产率(*GTFP*),由于前文测算的农业绿色全要素生产率是环比指数,因此,本文将2008年的农业绿色全要素生产率设为1,将农业绿色全要素生产率转化为以2008年为基期的累乘形式,体现其累积性变动趋势。

(2)核心解释变量。本文的核心解释变量为土地规模经营与服务规模经营。鉴于统计数据的科学性和可得性,参考李文华等的研究^[46],采用播种面积与农业从业人数的比值,即人均播种面积表示土地规模经营。参考郝爱民的研究^[47],采用农业服务业产值与农业从业人数的比值,即人均农业服务业产值表示服务规模经营。其中,农作物播种面积数据来自《中国统计年鉴》,农林牧渔服务业产值数据来自《中国第三产业统计年鉴》与各省统计年鉴。

(3)控制变量。参考以往研究并避免遗漏变量,本文选取自然灾害程度、地区开放程度、工业化程度、农村互联网水平、土壤质量作为控制变量。其中,自然灾害程度以受灾总面积与农作物播种总面积的比值表示。地区开放程度,以进出口总额与地区GDP的比值表示。工业化程度以工业增加值与地区GDP的比值表示。农村互联网水平以农村宽带接入用户与互联网宽带接入用户的比值表示。土壤质量以水土流失治理面积表示。其中,数据来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》以及各省统计年鉴,并对本文数据进行对数化处理,较大程度缓解不同量纲造成的变量间异方差问题,具体变量说明及描述性统计见表2。

表2 变量说明及描述性统计

变量	变量说明	均值	标准差
农业绿色全要素生产率	由SBM-GML指数测算得出,转化为以2008年为基期的累积形式	1.517	0.597
土地规模经营	农作物总播种面积/农业从业人数/(千公顷/万人)	14.07	7.018
服务规模经营	农业服务业产值/农业从业人数/(亿元/万人)	0.201	0.159
自然灾害程度	受灾总面积/农作物播种总面积/%	18.265	13.390
地方开放程度	进出口总额/地区生产总值/%	20.266	20.878
工业化程度	工业增加值/地区生产总值/%	34.033	8.185
农村互联网水平	农村宽带接入用户/互联网宽带接入用户/%	23.777	9.234
土壤质量	水土流失治理面积/千公顷	444.835	3058.644

3. 基准模型设定

为了考察不同规模经营模式对农业绿色全要素生产率的影响,构建如下双向固定效应模型:

$$\ln GTFP_{it} = \alpha + \beta_1 \ln Land_{it} + \beta_2 \ln Land_{it}^2 + \sum \theta_j Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

$$\ln GTFP_{it} = \alpha + \beta_1 \ln Services_{it} + \beta_2 \ln Services_{it}^2 + \sum \theta_j Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (5)$$

式(4)为土地规模经营对农业绿色全要素生产率的非线性影响,式(5)为服务规模经营对农业绿色全要素生产率的非线性影响。其中, $\ln GTFP$ 为农业绿色全要素生产率的对数, $\ln Land$ 为土地规模经营的对数, $\ln Land_{it}^2$ 为土地规模经营对数的平方项, $\ln Services$ 为服务规模经营的对数, $\ln Services_{it}^2$ 为服务规模经营对数的平方项, $Control$ 为一系列控制变量的集合, β_1 、 β_2 、 θ 均为估计系数, i 为省份, t 为年份, α 为常数项, μ 、 δ 、 ϵ 分别为个体固定效应、时间固定效应和随机扰动项。

三、农业绿色全要素生产率与规模经营的特征事实

在构建计量模型之前,先通过农业绿色全要素生产率的测算结果以及规模经营的特征事实,从整体维度上观察分析中国农业碳排放变化情况、中国农业绿色全要素生产率特征事实、以及农业规模经营的变化情况。图1展示了2008—2021年我国农业碳排放年均环比增速情况。

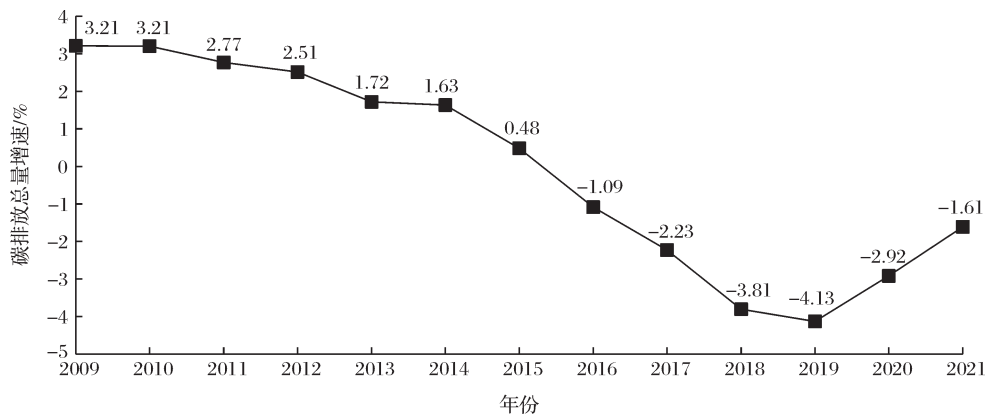


图1 我国农业碳排放年均环比增速(2008—2021年)

1. 农业绿色全要素生产率发展态势

通过测算各省2008—2021年农业碳排放量,分析农业碳排放量的发展趋势,可初步掌握我国农业绿色发展状况。从农业碳排放的增速情况来看,总体处于下降态势(图1),2016年为转折点,碳排放总量增速从2015年的0.48%下降到2016年的-1.09%,农业碳排放增速实现负增长。究其原因,随着国家对低碳农业的重视,出台了相关农业政策促进农业绿色发展,如2015年农业部制定了《到2020年化肥使用量零增长行动方案》和《到2020年农药使用量零增长行动方案》,促使农业生产过程中化肥、农药等生产要素投入减少,进而改善了农业生产环境。同时,2016年国务院发布了《关于加强农业社会化服务体系建设的通知》,我国农业生产环节外包服务逐渐完善,服务规模经营发展迅速,经过多元主体的共同努力,目前农业绿色转型升级已取得明显成效,碳排放增速有效下降。

通过超效率SBM-GML指数测算出2008—2021年中国26个省份的农业绿色全要素生产率,图2报告了各省年均农业绿色全要素生产率,总体来看,26省农业绿色全要素生产率平均值达1.065,平均增速达6.5%。其中,福建、贵州、海南、河南、湖北、江苏、江西、山东、山西、陕西、新疆、浙江12个省份的年均农业绿色全要素生产率均达到平均值,海南省的年均农业绿色全要素生产率最高,为1.149,吉林省的年均农业绿色全要素生产率最低,为0.994,可能的原因是,海南省热带农业资源丰富,土壤条件较好,农民环保意识较强,更有利于推广农业新技术,减少化肥农药等化学物品的使用,进而促进农业绿色发展。吉林省作为农业大省,为确保农业产出增加,会加强化肥农药的施用程度,非期望

产出增加导致农业绿色全要素生产率低于平均水平。但各省份年均农业绿色全要素生产率相差较少,这表明,随着政府出台一系列有关减少农业面源污染、保护农业生产环境与发展农业绿色的规制措施,有利于全国层面与各省份层面的农业绿色全要素生产率呈上升趋势。

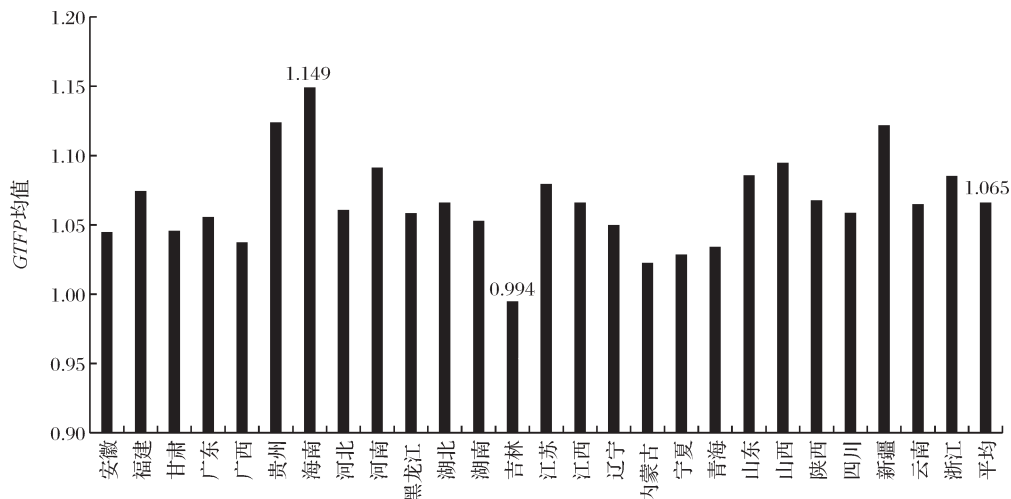


图2 2008—2021年各省份农业绿色全要素生产率均值

考虑到不同区域农业发展的差异性,图3报告了粮食主产区与非粮食主产区从2008—2021年的农业绿色全要素生产率变动趋势。总体而言,粮食主产区与非粮食主产区的农业绿色全要素生产率均呈现迂回上升态势。从发展阶段来看,以非粮食主产区为例,其农业绿色全要素生产率从2009年的1.02到2013年的1.27,呈增长态势,紧接着从2014年的0.88到2017年的0.91,大致保持不变,最后从2018年的1.08增至2021年的1.25,大致可分为迂回上升期(2008—2013年)—迂回波动期(2014—2017年)—平稳上升期(2018—2021年)三个阶段。2015年之前,粮食主产区的农业绿色全要素生产率略高,2015年之后,非粮食主产区的农业绿色全要素生产率略高。2021年非粮食主产区的农业绿色全要素生产率为1.251,粮食主产区的农业绿色全要素生产率为1.091。导致差异的原因可能是,非粮食主产区相较于粮食主产区,其农业发展相对滞后、基础设施较为薄弱、高质量农业人才较少,后发优势明显,一旦抓住机遇,便能加速推进农业绿色发展,出现“赶超效应”。

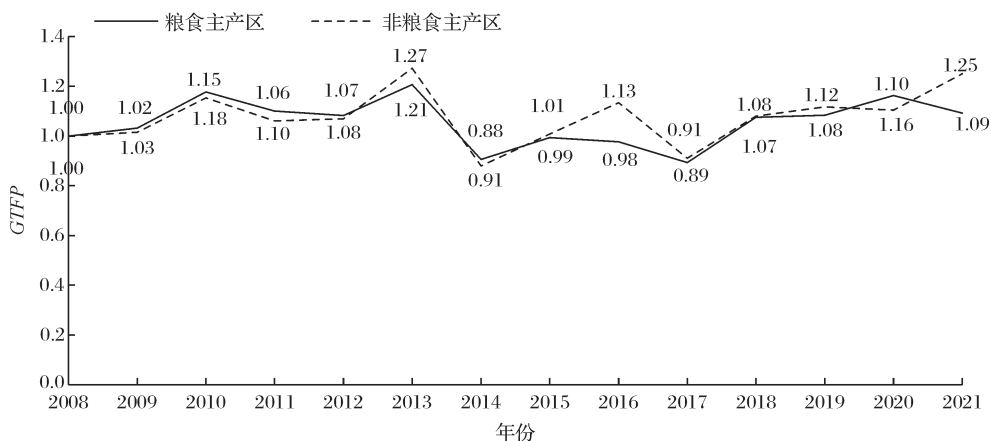


图3 2008—2021年不同区域的农业绿色全要素生产率发展趋势

2. 规模经营发展态势

2017年发布的《中共中央 国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新

动能的若干意见》^①中指出：“积极发展适度规模经营，加快发展土地流转型、服务带动型等多种形式规模经营。”所以，引导服务规模经营与土地规模经营健康发展被视为促进农业绿色发展的重要举措。图4报告了2008—2021年中国土地规模经营与服务规模经营变化情况。可以看出近14年我国农业规模经营整体呈上升趋势，土地规模经营从2008年的1.174增至2021年的2.004，增长率为41.42%；服务规模经营从2008年的0.071增至2021年的0.448，增长率为84.15%。可见，我国农业规模经营正处于快速发展阶段，并成为农业生产中有效的经营模式。

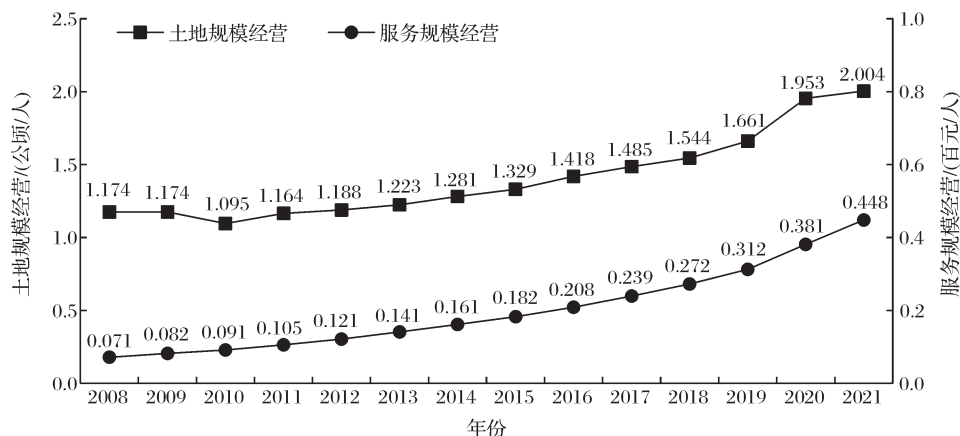


图4 2008—2021年我国规模经营发展趋势

四、实证检验

1. 基准回归结果

在对面板数据进行回归之前，首先采取方差膨胀因子检验变量间多重共线性问题，由测算结果可知，最大的方差膨胀因子(VIF)值为 $2.37 < 10$ ，故不存在共线性问题。说明选取的解释变量间无多重共线性；其次，参考Bai的做法^[48]，由于本文选取的面板数据具有时间跨度短、时间点数量小于截面数据量的特点，故不再进行面板单位根检验；最后，确定基准回归模型。由于双向固定效应模型的系数是无偏的，所以本文选择双向固定效应模型为基准模型。

表3展示了规模经营对农业绿色全要素生产率的回归结果。第(1)列、第(2)列报告了规模经营与农业绿色全要素生产率之间的非线性关系，结果显示，土地规模经营的一次项系数与平方项系数均在1%水平上显著，平方项系数与一次项系数异号，说明土地规模经营与农业绿色全要素生产率之间存在非线性关系，且呈倒“U”型。服务规模经营的一次项系数在10%水平上正向显著，平方项系数为 -0.046 ，在5%水平上负向显著，平方项系数与一次项系数异号，说明服务规模经营与农业绿色全要素生产率之间存在倒“U”型非线性关系。可见，规模经营对农业绿色全要素生产率呈现出先促进、后削弱的影 响， H_1 成立。第(3)列报告了控制变量对农业绿色全要素生产率的影响，自然灾害程度、地区开放程度、工业化程度、农村互联网水平均对农业绿色全要素生产率产生不同程度的负向影响。可能的解释是，农作物受灾面积越大获得的产出越少，农业绿色生产效率也就越低；地区开放程度的增加，会促使农产品出口率上升，农户为了获取更高的农业收入，可能会加大化肥农药使用量确保产量，不利于农业绿色发展；工业化程度的增加，促使工业产业排污量加大，对周边生态环境造成不同程度的危害，可能导致土壤条件发生改变，不利于农业生产；农村互联网水平的增加，虽然给农民生活带来便利，但网络信息较为复杂，可能有部分农户为了快速增加产量，选取“高投入、高产”，反而抑制农业绿色全要素的提升。

2. 稳健性检验与内生性检验

(1)稳健性检验。第一，替换被解释变量。本文测算的农业绿色全要素生产率为狭义的农业绿

① 2017年发布的《中共中央 国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》。

色全要素生产率,通过将投入变量与产出变量替换为农林牧渔业相关变量,测算出广义的绿色全要素生产效率,采用以2008年为基期的累乘形式,通过双向固定效应模型进行回归分析,结果如表4第(1)列和第(2)列所示。第二,增加控制变量。本文通过进一步增加种植结构、农民收入以及农村用电量三种与规模经营相关、同时又影响农业绿色全要素生产率的控制变量,有效减弱了潜在内生性,结果如表4第(3)列和第(4)列所示。表4的回归结果均表明,土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率的影响,与基准结果高度一致,回归系数方向相同且显著,证实了基准回归结果的稳健性。

(2)内生性检验。前文的基础回归控制了年份固定效应与省份固定效应,在一定程度上能够缓解遗漏变量引起的内生性问题,但参考以往研究无法确定是规模经营的发展促进了农业绿色全要素生产率的提高,还是农业绿色全要素生产率的提高推动了规模经营的发展,两者之间存在反向因果的内生性问题。土地规模经营的发展具有稳定性,滞后一期的土地规模经营与当期的土地规模经营具有较强的关联性,且滞后一期的土地规模经营对当期的农业绿色全要素生产率无直接联系,故选取滞后一期的土地规模经营一次项和二次项作为工具变量,同理,将滞后一期的服务规模经营一次项与二次项也作为工具变量,并通过IV-2SLS模型检验其对农业绿色全要素生产率的影响。

结果如表5所示,前3列为滞后一期的土地规模经营对农业绿色全要素生产率的两阶段最小二乘估计结果,后3列为滞后一期的服务规模经营对农业绿色全要素生产率的两阶段最小二乘估计结果。由第(1)列、第(2)列、第(4)列和第(5)列可知,工具变量L.ln土地规模经营、L.ln土地规模经营²、L.ln服务规模经营、L.ln服务规模经营²的回归系数均在1%水平上显著,说明工具变量与内生解释变量显著相关。由第(3)列和第(6)列回归结果可知,土地规模经营与服务规模经营的一次项与二次项的系数均在不同水平上显著,说明采用工具变量法后,土地规模经营与服务规模经营仍显著促进农业绿色全要素生产率的提高。同时,工具变量的Kleibergen-Paaprk的LM统计量的P值均为0.000,拒绝工具变量不可识别的原假设;KleibergenPaaprk的Wald F

表3 规模经营对农业绿色全要素生产率的基础回归
N=364

变量	ln农业绿色全要素生产率		
	(1)	(2)	(3)
ln土地规模经营	1.190*** (0.377)		
ln土地规模经营 ²	-0.207*** (0.066)		
ln服务规模经营		0.133* (0.079)	
ln服务规模经营 ²		-0.046** (0.023)	
ln自然灾害程度	-0.026 (0.016)	-0.027 (0.016)	-0.038** (0.017)
ln地方开放程度	-0.086** (0.041)	-0.117*** (0.040)	-0.085** (0.043)
ln工业化程度	-0.278*** (0.102)	-0.230** (0.100)	-0.344*** (0.107)
ln农村互联网水平	-0.160* (0.095)	-0.161* (0.097)	-0.162* (0.095)
ln土壤质量	0.010 (0.051)	-0.026 (0.049)	-0.006 (0.050)
年份固定效应	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制
常数项	-0.372 (0.885)	1.922*** (0.638)	1.667** (0.656)
Within_R ²	0.130	0.196	0.095

注: *、**、***分别代表在10%、5%和1%水平下显著;括号内为稳健标准误;下同。

表4 稳健性检验
N=364

变量	ln农业绿色全要素生产率(广义)		ln农业绿色全要素生产率(增加控制变量)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
ln土地规模经营	1.419*** (0.359)		1.319*** (0.394)	
ln土地规模经营 ²	-0.248** (0.063)		-0.229*** (0.069)	
ln服务规模经营		0.137* (0.079)		0.125* (0.074)
ln服务规模经营 ²		-0.041* (0.022)		-0.047** (0.022)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.554 (0.804)	2.107*** (0.580)	-0.063 (0.998)	2.380*** (0.872)
Within_R ²	0.189	0.229	0.154	0.210

统计量分别为 $39.515 > 7.03$ (10% 临界值) 与 $43.009 > 7.03$ (10% 临界值), 拒绝工具变量弱识别的原假设。因此, 本文选取的工具变量具有合理性。在控制内生性问题后, 土地规模经营与服务规模经营仍显著促进农业绿色全要素生产率的提高, 说明结果的稳健性。

表5 规模经营对农业绿色全要素生产率影响的IV-2SLS回归

n=338

变量	ln土地规模经营(1)	ln土地规模经营 ² (2)	ln农业绿色全要素生产率(3)	ln服务规模经营(4)	ln服务规模经营 ² (5)	ln农业绿色全要素生产率(6)
ln土地规模经营			1.388*** (0.483)			
ln土地规模经营 ²			-0.223*** (0.080)			
L.ln土地规模经营	0.514** (0.243)					
L.ln土地规模经营 ²		1.068*** (0.217)				
ln服务规模经营						0.111* (0.088)
ln服务规模经营 ²						-0.071*** (0.026)
L.ln服务规模经营				0.868*** (0.087)		
L.ln服务规模经营 ²					0.825*** (0.155)	
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Kleibergen-Paap rk LM统计量			52.028***			51.796***
Kleibergen-Paap rk Wald F统计量			39.515临界值 7.03			43.009 临界值7.03

3. 分样本回归

上述结果表明规模经营有利于农业绿色全要素生产率的提高, 然而, 对农业绿色发展的影响取决于农业生产与生态平衡情况, 鉴于粮食主产区与粮食非主产区在作物种类、经济发展水平和社会效益等方面存在差异, 使得规模经营发展水平有所不同, 进而对农业绿色全要素生产率产生的影响存在差异。因此, 本文依据《财政部关于印发〈关于改革和完善农业综合开发若干政策措施的意见〉的通知》将样本分为粮食主产区与非粮食主产区, 进一步分析规模经营对农业绿色全要素生产率的影响, 结果如表6所示。由非粮食主产区的结果可知(列3与列4), 土地规模经营对农业绿色全要素生产率的影响均较为显著, 而粮食主产区的土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率的影响均不显著, 说明规模经营对于非粮食主产区的作用大于粮食主产区。可能的原因是粮食主产区为确保粮食有效供给, 广泛投入各种化学物资和新技术, 消耗生态资源的同时产生较为严重的农业面源污染, 虽然粮食主产区农业基础设施建设优于非粮食主产区, 但

表6 分样本基础回归

n=182

变量	ln农业绿色全要素生产率			
	粮食主产区(1)	粮食主产区(2)	非粮食主产区(3)	非粮食主产区(4)
ln土地规模经营	-0.057 (0.510)		1.551** (0.683)	
ln土地规模经营 ²	-0.008 (0.088)		-0.253* (0.136)	
ln服务规模经营		0.211** (0.085)		-0.078 (0.148)
ln服务规模经营 ²		0.027 (0.024)		-0.114*** (0.031)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
常数项	3.616*** (1.178)	3.012** (0.990)	3.897*** (1.455)	0.121 (0.917)
Within_R ²	0.242	0.265	0.249	0.340

在农业劳动力短缺、播种面积固定的条件下,为确保粮食产量,多数粮食主产区仍会投入较多的农药、化肥,而规模经营主要通过化肥农药减量、技术引入、优化要素配置来影响农业绿色全要素生产率,因此规模经营对粮食主产区的农业绿色全要素生产率影响不显著。而非粮食主产区种植结构多样,经济作物品种类型多,对农药、化肥投入需求弹性大,同时,随着农业政策与政府技术支持,以及非粮食主产区生态环境优势,规模经营对非粮食主产区农业绿色全要素生产率的影响更显著。

五、作用机制分析

由前文的理论分析可知,规模经营的发展有利于农业绿色全要素生产率的提高,土地规模经营和服务规模经营都依托农业机械化,实现机械对劳动的替代,进而提升农业绿色全要素生产率。由于规模经营与农业绿色全要素生产率呈倒“U”型非线性关系,为考察农业机械化水平在规模经营和农业绿色全要素生产率中所发挥的机制作用,本文参考林伟鹏等的研究^[49]对影响机制进行验证。其中,用耕种收综合机械化率衡量农业机械化水平的发展,依据《全国农业机械化率统计年报》对综合机械化率进行测度: $Machine_{it} = (0.4 \times MP_{it} + 0.3 \times MS_{it} + 0.3 \times MH_{it}) \times 100$, $Machine_{it}$ 为综合机械化率, MP_{it} 、 MS_{it} 和 MH_{it} 分别为 i 省份 t 年农作物的机耕、机播与机收率。

表7 土地规模经营、农业机械化水平与农业绿色全要素生产率 $N=364$

变量	ln农业绿色全要素生产率(1)	ln农业机械化水平(2)	ln农业绿色全要素生产率(3)
ln土地规模经营	1.190*** (0.377)	2.495*** (0.417)	0.166 (0.344)
ln土地规模经营 ²	-0.207*** (0.066)	-0.439*** (0.071)	-0.026 (0.062)
ln农业机械化水平			0.410*** (0.066)
控制变量	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制
常数项	-0.372 (0.885)	-0.568 (0.891)	-0.139 (0.737)
Within_R ²	0.130	0.219	0.239

1. 土地规模经营、农业机械化水平与农业绿色全要素生产率

为检验农业机械化水平在土地规模经营与农业绿色全要素生产率间的机制作用,本文构建如下模型:

$$\ln Machine_{it} = \alpha + \beta_1 \ln Land_{it} + \beta_2 \ln Land_{it}^2 + \sum \theta_j Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (6)$$

$$\ln GTFP_{it} = \alpha + \beta_3 \ln Land_{it} + \beta_4 \ln Land_{it}^2 + \beta_5 \ln Machine_{it} + \sum \theta_j Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (7)$$

$$IND = \beta_2 \times \beta_5 \quad (8)$$

回归结果如表7所示,第(2)列中土地规模经营系数与土地规模经营平方项系数均在1%水平上显著,说明土地规模经营与农业机械化水平存在倒“U”型关系。同时,第(4)列中农业机械化水平系数也在1%水平上显著, $IND < 0$, 说明适度地扩展土地规模经营会促进农业机械化水平的提高,进而作用于农业绿色全要素生产率。

2. 服务规模经营、机械化率与农业绿色全要素生产率

为检验机械化率在服务规模经营与农业绿色全要素生产率间的机制作用,本文构建如下模型:

$$\ln Machine_{it} = \alpha + \beta_1 \ln Services_{it} + \beta_2 \ln Services_{it}^2 + \sum \theta_j Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (9)$$

$$\ln GTFP_{it} = \alpha + \beta_3 \ln Services_{it} + \beta_4 \ln Services_{it}^2 + \beta_5 \ln Machine_{it} + \sum \theta_j Control_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (10)$$

$$IND = \beta_2 \times \beta_5 \quad (11)$$

回归结果如表8所示,服务规模经营与农业机械化水平存在非线性关系,适度的服务规模经营扩展会促进农业机械化水平进一步发展,从而提高农业绿色全要素生产率。可见,农业机械化能显著提高农业绿色全要素生产率,但高额的机械成本,不利于农户控制生产成本,减弱了小农户对农业机械的使用概率,而服务规模经营的发展既能降低农户生产负担,又能提高农业机械化水平,进而促进农业绿色发展。但随着规模的扩大,服务规模经营呈跨区作业特征,成本与污染排放较高,不同机械间难以通用,闲置成本增加,不利于农业绿色全要素生产率的提高, H_2 得到验证。

六、结论与建议

本文基于2008—2021年中国省级面板数据,实证研究了土地规模经营与服务规模经营对农业绿色全要素生产率的影响及作用路径,并进一步分析了农业机械化水平在规模经营对农业绿色全要素生产率影响中的作用。主要结论:(1)我国省域农业碳排放增速有效下降,农业绿色全要素生产率发展水平与两种规模经营发展水平在样本期内整体均呈上升趋势,不同区域的农业绿色全要素生产率发展趋势大致相同。(2)两种规模经营有利于提高农业绿色全要素生产率。土地规模经营、服务规模经营与农业绿色全要素生产率之间均存在倒“U”型非线性关系,随着规模经营的不断扩大,其对农业绿色全要素生产率的促进作用不断削弱甚至会抑制农业绿色全要素生产率的提高。因此,发展两种适度规模经营更有利于促进绿色发展。(3)土地规模经营对不同地区的农业绿色全要素生产率作用不同。土地规模经营能显著促进非粮食主产区农业绿色全要素生产率的提高,但其对粮食主产区农业绿色全要素生产率的作用并不显著。服务规模经营对不同地区农业绿色全要素生产率均不显著。(4)机制分析中,两种规模经营均可以通过促进农业机械化水平的发展提高农业绿色全要素生产率,规模经营的适度扩展有利于农业机械化水平的提高,进而促进农业绿色全要素生产率的发展,但存在边际递减特征。

该结论为农业规模经营的适度规模发展提供了新依据,也为农业机械化发展方向提供了新思路,为保障农业规模经营更好地推动农业绿色发展,本文提出以下建议:(1)促进农业适度规模经营,充分发挥资源配置能力,把控农业面源污染,通过规模经济实现农业绿色转型。一方面,提倡适度发展土地规模经营,使农业生产与生态间达到平衡,完善土地流转机制,确保土地流转合法合规,稳定土地承包关系,推进土地规模经营进程。另一方面,鼓励适度服务规模经营,政府相关部门应加大对服务规模经营主体的扶持力度和监督力度,对其进行以绿色生态为导向的农技培训,保障人才供给,并健全监管机制,保障服务供给质量。(2)提高农业机械化水平,强化规模经营对农业机械化水平的促进作用。完善农机服务体系,加强农业机械技术研发,减少农业碳污染排放,提升农户对农业机械使用程度,通过农机购置补贴、绿色补贴等财政支持推动规模经营发展,促进农业机械化水平进一步提升,推动农业绿色发展。(3)因地制宜发展规模经营,实施差异化扶持政策,推动区域农业绿色均衡发展。由于规模经营对不同地区农业绿色全要素生产率影响的差异性,对于非粮食主产区,应大力发展规模经营,培育新型农业经营主体,调动小农户也参与其中。对于粮食主产区,应在原有的规模经营基础上,加强绿色农业科学技术运用,采用更环保的肥料,在粮食增产稳产的同时,注重农业减碳增汇,促进农业绿色发展。

参 考 文 献

- [1] 杜志雄,金书秦.中国农业政策新目标的形成与实现[J].东岳论丛,2016,37(2):24-29.
- [2] 于法稳.习近平绿色发展新思想与农业的绿色转型发展[J].中国农村观察,2016(5):2-9,94.
- [3] 辛岭,安晓宁.我国农业高质量发展评价体系构建与测度分析[J].经济纵横,2019(5):109-118.
- [4] 郑旭媛,林庆林,周凌晨诺.中国农业“双规模”经营方式创新、绩效及其外溢效应分析[J].中国农村经济,2022(7):103-123.
- [5] 徐湘博,李畅,郭建兵,等.土地转入规模、土地经营规模与全生命周期作物种植碳排放——基于中国农村发展调查的证据[J].中国农村经济,2022(11):40-58.

表8 服务规模经营、农业机械化水平与
农业绿色全要素生产率

变量	ln农业绿色全要素生产率(1)	ln农业机械化水平(2)	ln农业绿色全要素生产率(3)
ln服务规模经营	0.133* (0.079)	0.364*** (0.068)	0.277*** (0.085)
ln服务规模经营 ²	-0.046** (0.023)	-0.157*** (0.025)	0.016 (0.024)
ln农业机械化水平			0.394*** (0.071)
控制变量	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制
常数项	1.922*** (0.638)	4.007*** (0.609)	0.344 (0.617)
Within_R ²	0.196	0.309	0.285

N=364

- [6] 胡新艳,陈颜,陈相泼.土地经营规模与化肥减量:来自农业龙头企业的证据[J].中国农业大学学报,2023,28(11):219-235.
- [7] 祝宏辉,杜美玲,尹小君,等.乡村振兴战略下农地规模经营对农业绿色发展的影响[J].调研世界,2023(7):55-66.
- [8] 赵昶,孔祥智,仇焕广.农业经营规模扩大有助于化肥减量吗?——基于全国1274个家庭农场的计量分析[J].农业技术经济,2021(4):110-121.
- [9] 张露,杨高第,李红莉.小农户融入农业绿色发展:外包服务的考察[J].华中农业大学学报(社会科学版),2022(4):53-61.
- [10] 罗明忠,魏滨辉.农业生产性服务的碳减排作用:效应与机制[J].经济经纬,2023,40(4):58-68.
- [11] 张恒,郭翔宇.农业生产性服务业发展与农业全要素生产率提升:地区差异性与空间效应[J].农业技术经济,2021(5):93-107.
- [12] 马九杰,赵将,吴本健,等.提供社会化服务还是流转土地自营:对农机合作社发展转型的案例研究[J].中国软科学,2019(7):35-46.
- [13] 刘亦文,欧阳莹,蔡宏宇.中国农业绿色全要素生产率测度及时空演化特征研究[J].数量经济技术经济研究,2021,38(5):39-56.
- [14] 魏梦升,颜廷武,罗斯炫.规模经营与技术进步对农业绿色低碳发展的影响——基于设立粮食主产区的准自然实验[J].中国农村经济,2023(2):41-65.
- [15] 陆杉,熊娇.农村金融、农地规模经营与农业绿色效率[J].华南农业大学学报(社会科学版),2021,20(4):63-75.
- [16] 颜华,齐悦,张梅.农业生产性服务促进粮食绿色生产的效应及作用机制研究[J].中国农业资源与区划,2023,44(2):54-67.
- [17] 姜松,曹崢林,刘晗.农业社会化服务对土地适度规模经营影响及比较研究——基于CHIP微观数据的实证[J].农业技术经济,2016(11):4-13.
- [18] 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.
- [19] YANG Y, HE Y, LI Z. Social capital and the use of organic fertilizer: an empirical analysis of hubei province in China[J]. Environmental science and pollution research, 2020, 27(13): 15211-15222.
- [20] 孙杰,周力,应瑞瑶.精准农业技术扩散机制与政策研究:以测土配方施肥技术为例[J].中国农村经济,2019(12):65-84.
- [21] 周小梅,范鸿飞.区域声誉可激励农产品质量安全水平提升吗?——基于浙江省丽水区域品牌案例的研究[J].农业经济问题,2017,38(4):85-92,112.
- [22] 胡祎,张正河.农机服务对小麦生产技术效率有影响吗?[J].中国农村经济,2018(5):68-83.
- [23] 田云,尹恣昊.技术进步促进了农业能源碳减排吗?——基于回弹效应与空间溢出效应的检验[J].改革,2021(12):45-58.
- [24] 徐志刚,张骏逸,吕开宇.经营规模、地权期限与跨期农业技术采用——以秸秆直接还田为例[J].中国农村经济,2018(3):61-74.
- [25] 何秀荣.关于我国农业经营规模的思考[J].农业经济问题,2016,37(9):4-15.
- [26] 周力,冯建铭,曹光乔.绿色农业技术农户采纳行为研究——以湖南、江西和江苏的农户调查为例[J].农村经济,2020(3):93-101.
- [27] 胡初枝,黄贤金.农户土地经营规模对农业生产绩效的影响分析——基于江苏省铜山县的分析[J].农业技术经济,2007(6):81-84.
- [28] 卢华,陈仪静,胡浩,等.农业社会化服务能促进农户采用亲环境农业技术吗?[J].农业技术经济,2021(3):36-49.
- [29] 罗必良.论服务规模经营——从纵向分工到横向分工及连片专业化[J].中国农村经济,2017(11):2-16.
- [30] 许庆,尹荣梁,章辉.规模经济、规模报酬与农业适度规模经营——基于我国粮食生产的实证研究[J].经济研究,2011,46(3):59-71,94.
- [31] 胡新艳,朱文珏,罗锦涛.农业规模经营方式创新:从土地逻辑到分工逻辑[J].江海学刊,2015(2):75-82,238.
- [32] 纪龙,徐春春,李凤博,等.农地经营对水稻化肥减量投入的影响[J].资源科学,2018,40(12):2401-2413.
- [33] 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.
- [34] 朱满德,张梦瑶,刘超.农业机械化驱动了种植结构“趋粮化”吗?[J].世界农业,2021(2):27-34,44.
- [35] 罗必良,胡新艳,张露.为小农户服务:中国现代农业发展的“第三条道路”[J].农村经济,2021(1):1-10.
- [36] 李宪翔,丁鼎,高强.小农户如何有机衔接全程机械化——基于农机社会化服务的视角[J].农业技术经济,2021(4):98-109.
- [37] 孔祥智,周振,路玉彬.我国农业机械化道路探索与政策建议[J].经济纵横,2015(7):65-72.
- [38] 杨印生,韦鑫.低碳农业机械化的发展逻辑、影响因素与实现路径[J].智慧农业(中英文),2023,5(4):150-159.
- [39] 畅倩,蔡瑜,赵敏娟.生产环节外包与农业环境技术效率的“U”型关系——来自中国粮食主产区的证据[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2023,23(2):138-150.
- [40] TONE K. Dealing with undesirable outputs in DEA: a slacks-based measure (SBM) approach[R]. Toronto: presentation at NAPW III, 2003.
- [41] OH D H. A global Malmquist-Luenberger productivity index[J]. Journal of productivity analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [42] 周滔,李敏.我国农村基础设施建设状态-效率二维测度及时空演化路径研究[J].西南大学学报(自然科学版),2023,45(11):141-154.
- [43] 杜江,王锐,王新华.环境全要素生产率与农业增长:基于DEA-GML指数与面板Tobit模型的两阶段分析[J].中国农村经济,2016(3):65-81.

- [44] 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, 13(2): 537- 558.
- [45] 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.
- [46] 李文华, 熊兴. 乡村振兴战略背景下农地规模经营与农业绿色发展[J]. 资源开发与市场, 2018, 34(11): 1563-1570.
- [47] 郝爱民. 农业生产性服务业对农业的外溢效应与条件研究[J]. 南方经济, 2013(5): 38-48.
- [48] BAI J. Panel data models with interactive fixed effects[J]. *Econometrica*, 2009, 77(4): 1229- 1279.
- [49] 林伟鹏, 冯保艺. 管理学领域的曲线效应及统计检验方法[J]. 南开管理评论, 2022, 25(1): 155 -166.

Scale Operation and Green Development of Agriculture

—Observations on Agricultural Green Total Factor Productivity

SONG Yanping, FAN Xiangqi, GENG Pengpeng

Abstract Scaled operation and green development are the essence of achieving high-quality agricultural development. Clarifying the relationship between scale operation and green agricultural development is of important theoretical and practical significance. The SBM-GML index was used to calculate and characterize the spatiotemporal evolution trend of China's agricultural green total factor productivity. Based on provincial panel data from 2008 to 2021 in China, a fixed effects model was used to empirically study the impact and pathways of land scale operation and service operation on agricultural green total factor productivity. Research has found that at the provincial level in China, the green total factor productivity and scale management showed an overall upward trend during the research period. There exists an inverted U-shaped non-linear relationship between land scale operation and service scale operation on agricultural green total factor productivity, which first expands and then decreases. The level of agricultural mechanization plays a role in the impact of scale operation on the green total factor productivity of agriculture. The effects of two kinds of scale operation on green total factor productivity of agriculture vary across different regions. Therefore, it is necessary to promote moderate-scale operation in agriculture, improve the level of agricultural mechanization, and develop scale operation tailored to local conditions.

Key words agricultural green total factor productivity; land scale operation; service scale operation; the level of agricultural mechanization

(责任编辑:金会平)