

欢迎按以下格式引用:徐辉,王抒君.双碳目标下粮食主产区农业绿色生产效率测度及空间分布[J].长江大学学报(社会科学版),2024,47(3):78-85.

双碳目标下粮食主产区农业绿色生产效率测度及空间分布

徐辉^{1,2} 王抒君¹

(1.长江大学 经济与管理学院,湖北 荆州 434023;2.长江大学 湖北农村发展研究中心,湖北 荆州 434023)

摘要:论文根据 2003~2022 年我国粮食主产区农业投入产出的面板数据,运用面板三阶段 DEA 模型测度粮食主产区的农业绿色生产效率,并对该区域农业绿色生产效率的空间分布作分级分析。研究发现:在去除环境因素和随机误差等因素对效率值的干扰后,人均 GDP 和人均可支配收入的增加均有利于提高农业绿色生产效率,自然灾害受灾面积的增加会阻碍农业绿色生产效率的提升。进一步分析发现,粮食主产区的农业绿色生产综合技术效率和规模效率均呈现出南北低、中间高的空间分布趋势,农业绿色生产纯技术效率值都比较高,空间分布上比较集中。为进一步提升粮食主产区的农业绿色生产效率及优化其空间分布格局,应优化财政支农资金投向,鼓励新型农业经营主体适度规模经营,差异化举措提升农业绿色生产效率,缩小区域农业绿色发展差距。

关键词:粮食主产区;农业绿色生产效率;面板三阶段 DEA

分类号:F304.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1395(2024)03-0078-08

一、引言

农业领域是温室气体排放源之一,促进农业领域固碳减排是我国实现碳达峰碳中和的重要组成部分。我国农业发展取得显著成就的同时,农业生产中产生的二氧化碳等温室气体导致了严重的环境污染,据统计,农业发展所产生的碳排放量以年均 5% 的速度增长^[1],农业的可持续发展面临严峻挑战,因而促进农业绿色低碳发展尤为重要。农业绿色低碳发展顺应了“绿水青山就是金山银山”理念,是确保实现碳中和、碳达峰目标的重要支撑,对推动生态文明建设、保障国家粮食安全以及维持国家稳定发展有着积极的促进作用。而推动农业低碳生产的关键

在于推动农业朝着高质量方向发展,努力实现质量兴农、绿色兴农,着力提高农业绿色生产效率,减少农业生产中的碳排放量。我国的粮食主产区作为粮食的主要产地,根据国家粮食局统计数据显示,其粮食产量占全国粮食总产量的 75.4%,是我国粮食稳定发展的中流砥柱,因而研究粮食主产区的农业绿色生产效率,对促进该区域的农业生产朝绿色低碳转变、保障粮食安全以及推动双碳目标的实现有重要的理论和现实意义。

二、文献综述

关于农业绿色生产效率,已有很多国内外学者进行了相关研究。国内研究中,学者们多对全国范围、重要经济片区以及部分农业大省的农业绿色生

收稿日期:2024-01-12

基金项目:湖北省重大调研项目“巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接问题研究”(2021S11-2)

第一作者简介:徐辉(1975—),男,湖北通山人,教授,博士生导师,主要从事农业经济研究。

通信作者:王抒君(1998—),女,湖北巴东人,主要从事农业经济研究,E-mail:1445592395@qq.com。

产效率进行研究,并分析农业绿色生产效率的空间分布特征及影响农业绿色生产效率的因素。全国范围层面上,大多数学者都对中国的农业绿色生产效率的区域差异及其影响因素进行了研究^[2,3]。潘丹(2014)采用 SBM 方向性距离函数方法,测算中国 30 省的农业绿色效率水平,发现中国农业绿色生产率水平总体偏低,东部地区的农业绿色生产效率高于中部和西部^[4]。少部分学者对促进农业绿色低碳转型、农业绿色发展的路径进行了研究,陈萌等(2022)基于双碳目标,进行农业绿色转型发展路径研究,分析了农业绿色低碳转型的趋势及挑战,并提出相关建议^[5];高鸣等(2022)提出了在碳达峰、碳中和目标下农业绿色发展的重点领域,并提出了增强低碳科技供给基础等对策建议^[6]。重要经济发展片区研究中,学者们对长江经济带、丝路经济带农业绿色生产效率的研究较多,如吕小明等(2020)测度了长江经济带的农业绿色生产效率水平,并分析其时空演变特征^[7];刘天宇等(2018)通过测算长江经济带 11 省(市)的农业环境全要素生产率,认为农业环境全要素生产率提高的主要动力是技术进步,技术效率对农业环境全要素生产率的下滑有抑制作用^[8];刘芳等(2018)对丝路经济带 18 省的农业绿色全要素生产效率进行测算,认为在实现兼顾农业经济增长与环境保护方面,东北和东南分区九省要优于西北和西南九省^[9]。部分农业大省层面上,李丽(2017)对黑龙江省的农业绿色全要素生产效率进行研究,认为相对于增加传统要素投入,环境要素投入的增加对黑龙江省农业生产效率的影响更大^[10];杨枝茂(2019)对河南省进行农业绿色发展效率评价研究,并提出了促进河南省绿色农业发展效率的有效路径^[11]。国外研究中,Ali S 等(2019)通过 ARDL 模型验证了农业生产、经济增长与 CO₂ 之间的关系,认为必须控制二氧化碳排放对农业生产的影响^[12];Ortiz-Bobea 等(2021)建立了气候变化对全球农业全要素生产率(TFP)影响的稳健计量模型,发现自 1961 年以来,气候变化已经使全球农业全要素生产率减少了约 21%,这一放缓相当于失去了过去 7 年的生产力增长,全球农业在持续的气候变化面前变得更加脆弱^[13];Rehman A 等(2022)研究二氧化碳排放、气候对农业作物生产的影响,认为必须减少二氧化碳排放来提高农业生产力^[14]。

国内外学者对农业绿色生产效率进行了比较细

致的研究,其研究成果对于转变农业发展方式、推动农业绿色生产、提高农业绿色生产效率、减少农业生产碳排放、实现双碳目标有重要的理论和现实意义。但有所不足的是:(1)研究方法上,少有学者使用面板三阶段 DEA 模型来深入测度、剖析农业绿色生产效率,而三阶段 DEA 模型相较于传统 DEA 模型的优点是,可以排除随机误差和环境因素对决策单元效率值的影响,测算结果更加准确;(2)研究内容上,多数学者主要从全国、长江经济带、丝路经济带等区域展开分析,鲜有学者对我国粮食主产区的农业绿色生产效率进行探究,对其农业绿色生产效率的空间分布特征进行研究的成果更为少见。粮食主产区作为我国粮食稳定发展的“定海神针”,促进该区域农业生产节能减排、粮食生产的绿色优质发展,提高农业绿色生产效率,对于推动我国农业发展向全面绿色低碳转型有着重要的战略意义。基于此,本文通过构建面板三阶段 DEA 模型,测度分析粮食主产区的农业绿色生产效率,在此基础上探索粮食主产区农业绿色生产效率的空间分布特征,并基于研究结论提出促进农业绿色高质量发展的相关对策建议。

本文可能的边际贡献在于:(1)研究方法上,构建面板三阶段 DEA 模型测算农业绿色生产效率,所得农业绿色生产效率剔除了环境因素与随机误差的影响,能更准确的反应粮食主产区的农业绿色发展现状;(2)研究内容上,在具体分析粮食主产区农业绿色生产效率水平的基础上,进一步探究农业绿色生产效率的空间分布特征,揭示区域间农业绿色发展水平的差异化,以此推动粮食主产区采取差异化措施促进农业绿色低碳转型。

三、模型选择、指标选取与数据说明

(一)模型选择

由于传统的 DEA 模型有其自身不足,Fried 等(2002)进一步提出了三阶段 DEA 模型^[15]。基于此,本文选择三阶段 DEA 模型进行农业绿色生产效率测算,具体分为以下三个测算阶段:

1.传统 DEA 模型效率测算

由于本文后续的农业绿色生产效率分析是建立在投入导向基础上的,因此传统 DEA 阶段采用基于投入导向的 BCC 模型进行分析。

2.构建面板 SFA 模型

所构建的面板 SFA 模型如下:

$$S_{nit} = f(Z_{it};\beta_{nt}) + v_{nit} - u_{nit}; i = 1, 2, \cdots, I;$$

$$n=1,2,\cdots,N;t=1,2,\cdots,T \tag{1}$$

式中, S_{nit} 表示第 t 年第 i 个决策单位的第 n 项投入松弛值; $Z_{it}=[Z_{1it},Z_{2it},\cdots,Z_{kit}]$ 为外部环境变量集; β_{nt} 为环境变量的待估系数; $f(Z_{1it};\beta_{nt})$ 函数即为外部环境变量对因变量投入松弛值 S_{nit} 的影响大小, $v_{nit}-u_{nit}$ 为混合误差项, v_{nit} 为随机干扰项,且 $v_{nit}\sim N(0,\sigma_{vnt}^2)$; u_{nit} 反映管理无效率,一般假定其服从截断正态分布反映管理无效率, $u_{nit}\sim N^+(u_{nt},\sigma_{unt}^2)$ 。当 $\gamma=\frac{\sigma_{unt}^2}{\sigma_{unt}^2+\sigma_{vnt}^2}\rightarrow 1$ 时,表明影响因素中的管理因素占据了主体地位,当 $\gamma=\frac{\sigma_{unt}^2}{\sigma_{unt}^2+\sigma_{vnt}^2}\rightarrow 0$ 时,表明影响因素中占据主体地位的是随机误差。

在面板 SFA 模型回归分析的基础上,需要对各决策单元的原始投入进行调整,将各决策单元置于相同的经营环境和经营运气中,其表达式为:

$$\begin{aligned} X_{nit}^A &= X_{nit} + [\max(f(Z_{it};\hat{\beta}_{nt}))-f(Z_{it};\hat{\beta}_{nt})] \\ &\quad + [\max(v_{nit}-v_{nit})] \tag{2} \\ i &= 1,2,\cdots,I;n=1,2,\cdots,N;t=1,2,\cdots,T \end{aligned}$$

其中 X_{nit}^A 表示调整后的投入; X_{nit} 表示原始投入; $[\max(f(Z_{it};\hat{\beta}_{nt}))-f(Z_{it};\hat{\beta}_{nt})]$ 表示把所有决策单元调整至相同的经营环境, $[\max(v_{nit})-v_{nit}]$ 表示通过调整使所有决策单元享有相同的经营运气。

3.调整后的 DEA 模型

以原始的产出值作为产出,调整后的投入值作为投入,再次使用 BCC 模型测算新投入值情况下的效率水平。

(二)指标选择与数据来源

考虑到数据的可得性及准确性,参考肖琴等(2020)、李波等(2011)、郭海红等(2018)的研究方式^[3,16,17],本文构建了表 1 所示的投入产出指标体系,测算 2003~2022 年我国粮食主产区的农业绿色生产效率。

1.投入指标的选取

碳源投入。在进行农业生产时,化肥、农药、农膜等的使用以及农田翻耕及灌溉过程中均会产生碳排放,因此,化肥、农药、农膜、柴油使用量的多少,灌溉面积、播种面积的大小都会影响碳排放量。

表 1 农业绿色生产效率指标评价体系

指标类型	指标构成	具体指标
投入指标	碳来源投入	农用化肥施用量(HF)
		农药使用量(NY)
		农用薄膜使用量(NM)
		农用柴油使用量(CY)
		农田有效灌溉面积(NT)
		农作物总播种面积(ZW)
	劳动投入	第一产业从业人数(RL)
	动力投入	农业机械总动力(JX)
环境变量	自然灾害	旱灾、洪涝、风雹等受灾面积(ZHMJ)
	可支配收入	农村居民人均可支配收入(RJSR)
	经济发展水平	人均 GDP(AGDP)
产出指标	期望产出	农业总产值(ZCZ)
	非期望产出	化肥等 6 种碳源的碳排放量之和(TPF)

注:本文碳排放量采用相应指标乘以碳排放系数的计算方法(李波等(2011))。六类碳排放源具体的碳排放系数分别为:化肥 0.8956(千克/千克)、农膜 5.1800(千克/千克)、农药 4.9341(千克/千克)、柴油 0.5927(千克/千克)、有效灌溉 20.4760(千克/公顷)、农业耕作 312.6000(千克/公顷)。

劳动投入。具体使用第一产业从业人员(RL)来表示,即指从事农、林、牧、渔业生产的人员,第一产业从业人员规模的大小对农业生产效率有直接影响。

动力投入。具体使用农业机械总动力(JX)来表征。农业机械总动力体现了农业生产的科技水平投入,机械总动力投入的多少反映了农业生产中的

农机、技术使用量,农业生产技术的创新有利于提高资源利用效率、降低环境破坏程度,进而促进农业绿色生产效率的提高。

2.产出指标的选取

在借鉴崔宁波(2022)等研究成果^[18]的基础上,本文选择农业总产值(ZCZ)来表征期望产出指标,

农业总产值是一定时期内以货币形式表现的农、林、牧、渔业全部产品总量。农业总产值的高低能较为直观地反映农业经济发展水平,是衡量农业生产成果的重要指标,故选择农业总产值作为期望产出。至于非期望产出,考虑到农业碳排放在我国农业污染物中占据越来越重要的地位,其对于农业生态环境、农业可持续发展以及我国乃至全球气候变化影响尤为深远,因而此处借鉴李波等(2011)、郭海红等(2018)、葛鹏飞等(2018)、吴传清等(2018)的研究成果^[16,17,19,20],选择碳排放总量(TPF)作为非期望产出,碳排放总量估算公式具体如下所示:

$$A = \sum A_i = \sum T_i \cdot \delta_i$$

(3)

式中, A 为农业碳排放总量, A_i 为各种碳源的碳排放量, T_i 指各碳排放来源(化肥、农药等投入)的量, δ_i 指各类碳排放源的碳排放系数。并依据相天东(2017)、郭四代等(2018)的研究成果^[21,22]对其作了相应的转换,以期能够更有效测度我国粮食主产区农业绿色生产效率。

3.环境指标的选取

环境指标是指能够影响农业绿色生产效率的其他外部因素,综合考虑粮食主产区农业绿色生产的实际情况,本文从自然灾害情况、可支配收入和经济发展水平三个角度出发,选择自然灾害受灾面积、农村居民人均可支配收入和人均 GDP 三个指标作为环境变量。

自然灾害受灾面积。具体使用旱灾、水灾等自然灾害受灾面积($ZHMJ$)来衡量。农业生产过程中,旱灾、水灾等不可控因素对农业绿色生产效率有很大影响,自然灾害受灾面积越大,农业绿色生产效率越低。

可支配收入。具体使用农村居民人均可支配收入($RJSR$)来表征。在其他条件不变的情况下,农村居民人均可支配收入越高,对农业生产的投入就会越大,越有利于提高农业绿色生产效率。

经济发展水平。具体用人均 GDP ($AGDP$)来表征,经济发展水平的高低对农业绿色生产效率影响也有差异。

4.数据来源

基于粮食主产区的实际情况以及数据的可获得性,确保数据的真实性和可靠性,本文构建了 2003~2022 年粮食主产区的投入产出面板数据。本文的大部分数据来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》,部分数据来源于各省份各年份的统计年鉴。

四、实证结果分析

(一)第一阶段传统 DEA 实证结果

先将整理的原始产出和投入指标数据代入基于投入导向的 BCC 模型中,通过 DEAP2.1 软件进行计算,得到综合技术效率、纯技术效率、规模效率。为了聚焦研究结果,此处仅整理出各省(自治区)2003~2022 年农业绿色生产效率的平均值,结果如表 2 所示。

表 2 第一阶段粮食主产区农业绿色生产效率值

省/自治区	TE1	PTE1	SE1
河北省	0.629	0.708	0.867
内蒙古自治区	0.685	0.909	0.746
辽宁省	0.726	0.988	0.734
吉林省	0.604	0.971	0.620
黑龙江省	0.697	0.759	0.903
江苏省	0.628	0.734	0.837
安徽省	0.433	0.575	0.749
江西省	0.673	0.983	0.681
山东省	0.642	0.655	0.972
河南省	0.654	0.711	0.930
湖北省	0.694	0.792	0.869
湖南省	0.562	0.677	0.828
四川省	0.662	0.801	0.816
均值	0.637	0.789	0.812

注:TE1、PTE1、SE1 分别表示第一阶段粮食主产区农业绿色综合技术效率、纯技术效率和规模效率。

从表 2 可以看出,在未剔除环境变量和随机误差影响的条件下,粮食主产区的综合技术效率平均值为 0.637,纯技术效率平均值为 0.789,规模效率平均值为 0.812。整体而言,大部分地区的农业绿色生产效率处于中等水平。具体而言,粮食主产区各省(自治区)的综合技术效率水平差异较小,其中,湖南省和安徽省的综合技术效率相对较低,农业绿色生产效率有待提高。内蒙古自治区、辽宁省、吉林省、江西省的纯技术效率接近随机前沿水平,但其他省份的纯技术效率仍有待提高。黑龙江省、山东省、河南省的规模效率也接近随机前沿水平,其他省份、自治区的规模效率水平较低,应更加科学合理地进行农业适度规模经营,提升规模效率水平,提高农业绿色生产效率。由于第一阶段传统 DEA 模型未剔除环境变量和随机误差的影响,尚不能真实地反映每个省份的真实情况,还需要对投入变量作进一步的调整。

(二)第二阶段面板 SFA 模型实证结果

由于传统 DEA 模型不能去除环境因素和随机误差的影响,使得测算结果误差较大。基于此,在第二阶段中,将第一阶段计算的各投入松弛变量作为被解释变量,将环境变量作为解释变量,构建面板

SFA 模型进行分析。在进行面板 SFA 分析之前,我们需要通过软件 Stata.16 进行衰退系数检验,来判断是使用时变衰减模型还是时变固定模型。检验结果显示,时变衰减系数显著,因此,此处使用时变衰减模型进行估计,具体结果如表 3 所示。

表 3 第二阶段粮食主产区农业绿色生产效率面板 SFA 回归结果

	CYTRSC	NTTRSC	HFTRSC	NMTRSC	NYTRSC	ZWTRSC	RLTRSC	JXTRSC
ZHMJ	0.00254*** (0.00043)	0.01521** (0.00664)	0.00099 (0.00081)	0.0001*** (0.00003)	-0.00001 (0.00002)	0.05168*** (0.01450)	0.00263 (0.00324)	0.07921*** (0.01551)
AGDP	-0.00255 (0.00288)	-0.11638*** (0.04413)	-0.01259** (0.00539)	-0.00016 (0.00018)	-0.00025** (0.00013)	-0.19998** (0.09659)	-0.01262 (0.02151)	-0.20810** (0.10371)
RJSR	-0.01262*** (0.00178)	-0.10340** (0.02711)	-0.00990*** (0.00331)	-0.0005*** (0.00011)	-0.00021*** (0.00008)	-0.33437*** (0.05942)	-0.05700*** (0.01327)	-0.38871*** (0.06354)
常数项	275.131** (111.803)	2771.014*** (236.604)	423.081*** (61.660)	20.383** (9.744)	11.722*** (1.104)	7962.056*** (896.669)	1767.563*** (134.457)	6433.225*** (575.418)
σ^2	4725.218*** (1388.659)	1204406.0* (704362.40)	12362.33*** (3457.115)	21.968*** (6.714)	9.206*** (3.179)	4778809.0*** (1598391.00)	298330.30** (138305.50)	5922598.0** (2563288.0)
γ	0.72*** (0.084)	0.743*** (0.151)	0.621*** (0.108)	0.759*** (0.075)	0.712*** (0.101)	0.690 (0.105)	0.752*** (0.116)	0.710*** (0.127)
Log-likelihood	-1329.126	-2035.065	-1490.149	-612.449	-520.335	-2239.979	-1850.756	-2258.772

注:括号中的数值为标准误,*、**、***分别表示回归系数在 10%、5%、1%显著性水平上显著。

表 3 的结果显示,所选环境变量对大部分投入松弛变量在 5%和 1%的显著性水平下是显著的,因此,环境因素对各投入松弛变量的影响十分显著。具体而言,柴油投入松弛变量(CYTRSC)、农田有效灌溉面积投入松弛变量(NTTRSC)、化肥使用投入松弛变量(HFTRSC)、农膜投入松弛变量(NMTRSC)、农药投入松弛变量(NYTRSC)、农作物总播种面积投入松弛变量(ZWTRSC)、第一产业从业人员投入松弛变量(RLTRSC)、机械总动力投入松弛变量(JXTRSC)回归方程的 γ 值都大于 0 且小于 1,说明其受管理无效率和随机干扰项的共同影响。因此,进行第二阶段 SFA 回归并继而进行第三阶段分析是有必要的。需要进一步说明的是,当环境变量系数为负时,表示环境变量的增加会使投入松弛变量减少,农业绿色生产效率相应会上升,反之,农业绿色生产效率则会下降,下面具体分析:

1.自然灾害受灾面积(ZHMJ)

该变量对柴油等大部分投入松弛变量都有显著的正向影响,这说明在自然灾害的影响下,受灾面积越大,农业产出越少,农业绿色生产效率越低,自然灾害受灾面积的增加会阻碍农业绿色生产效率的提高。

2.人均 GDP(AGDP)

该变量对农田有效灌溉面积投入松弛变量、农用化肥施用量投入松弛变量、农药使用量投入松弛

变量、农作物总播种面积投入松弛变量、农业机械总动力投入松弛变量都有显著的负向影响。表明随着人均 GDP 的提高,农民收入增加促进农机购买投入增多,农业机械化水平的提高促进农业现代化生产,化肥和农药利用率的提高,农用耕地面积和农田有效灌溉面积的扩大,提高了农业绿色生产效率。

3.人均可支配收入(RJSR)

该环境变量对各投入松弛变量均有显著的负向影响,表明随着农村居民人均可支配收入的增加,农民进行农业绿色生产的积极性变高,收入的增加刺激农户更多地采纳使用农业绿色生产技术,提升农业技术利用率,有利于进行农业绿色生产,提升农业绿色生产效率。

(三)第三阶段调整后 DEA 实证结果

将第二阶段计算出的各环境变量估计参数代入调整公式,将调整后的投入作为新的投入变量,原始产出作为产出变量,再次运用 BCC 模型将新投入变量和原始产出变量进行分析,得出调整后的粮食主产区农业绿色生产效率,此处仅整理出各省(自治区)2003~2022 年农业绿色生产效率的平均值,结果见表 4。

与第一阶段进行对比,各省(自治区)第三阶段的综合技术效率平均值为 0.635,纯技术效率平均值为 0.997,规模效率平均值为 0.637。剔除了环境因

素和随机误差的影响之后,粮食主产区的农业绿色综合技术效率、纯技术效率和规模效率整体上发生了变化,尤其是纯技术效率和规模效率较第一阶段

而言,变化尤为显著。总体来看,各省(自治区)农业绿色生产效率的变化没有一个确定方向,有增加也有减少。

表 4 第三阶段粮食主产区农业绿色生产效率值及与第一阶段的对比

省/自治区	TE1	TE3	方向	PTE1	PTE3	方向	SE1	SE3	方向
河北省	0.629	0.752	↓	0.708	0.995	↑	0.867	0.756	↓
内蒙古自治区	0.685	0.546	↓	0.909	0.998	↑	0.746	0.546	↓
辽宁省	0.726	0.454	↓	0.988	1.000	↑	0.734	0.454	↓
吉林省	0.604	0.451	↓	0.971	0.998	↑	0.620	0.451	↓
黑龙江省	0.697	0.725	↑	0.759	0.997	↑	0.903	0.727	↓
江苏省	0.628	0.676	↑	0.734	0.998	↑	0.837	0.677	↓
安徽省	0.433	0.562	↑	0.575	0.993	↑	0.749	0.566	↓
江西省	0.673	0.448	↓	0.983	1.000	↑	0.681	0.448	↓
山东省	0.642	0.820	↑	0.655	0.991	↑	0.972	0.827	↓
河南省	0.654	0.905	↑	0.711	0.994	↑	0.930	0.911	↓
湖北省	0.694	0.679	↓	0.792	0.999	↑	0.869	0.680	↓
湖南省	0.562	0.569	↑	0.677	0.997	↑	0.828	0.571	↓
四川省	0.662	0.667	↑	0.801	0.999	↑	0.816	0.667	↓
均值	0.637	0.635	↓	0.789	0.997	↑	0.812	0.637	↓

注:TE3、PTE3、SE3 分别表示第三阶段粮食主产区农业绿色综合技术效率、纯技术效率和规模效率。下同。

具体来看,只有河南省的综合技术效率为 0.905,接近随机前沿面;河北、黑龙江、江苏、山东、湖北、四川六省的综合技术效率处于中等水平;内蒙古自治区与辽宁、吉林、安徽、江西、湖南五省的综合技术效率处于较低水平。所有省(自治区)的纯技术效率值都在上升,其中,辽宁省和江西省的纯技术效率达到随机前沿水平,其他省(自治区)的纯技术效率都高度接近随机前沿水平。为了提高粮食主产区农业绿色生产的综合技术效率和纯技术效率,要加强农业科技创新,持续推动新技术、新品种的研发和应用。在此基础上,推广宣传先进的农业技术,同时建立健全农业技术推广体系,通过技术推广、农民培训等诸多环节,确保新技术、新品种能够及时、有效地推广并应用到农业生产中去。以智能农机装备实现农田作业的自动化和智能化,提升农业绿色生产效率。对比第一阶段,粮食主产区各省(自治区)的农业生产规模效率是递减的,规模效益的减少在一定程度上制约其综合技术效率的提高,说明粮食主产区需要通过土地流转、农民专业合作社等方式,实现土地的集约化利用,提高农业生产规模,从而降低单位产品的生产成本,提高农业绿色生产规模效率。

五、粮食主产区农业绿色生产效率空间特征分析

为了更加直观地观察粮食主产区农业绿色生产

效率的空间分布情况,本文进一步将粮食主产区第三阶段农业绿色生产效率的测算结果进行空间分级分析。

本文在借鉴王天慧等(2018)等级划分^[23]的基础上,将粮食主产区的农业绿色生产效率分为四个等级:相对低效[0,0.6)、相对中效[0.6,0.9)、相对高效[0.9,1)、高效(1,1.5],图 1 显示了粮食主产区农业绿色生产效率的空间分布情况。

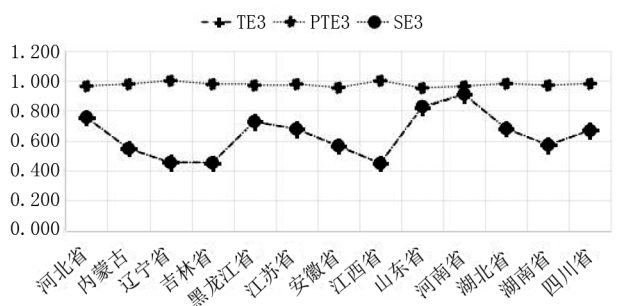


图 1 粮食主产区农业绿色生产效率空间分布情况

由图 1 可知,总体来看,粮食主产区农业绿色生产综合技术效率呈现南北低、中间高的分布特征。具体来看,内蒙古自治区和吉林、辽宁、安徽、江西、湖南五省的农业绿色生产综合技术效率相对低效;黑龙江、河北、山东、江苏、湖北、四川六省的农业绿色生产综合技术效率相对中效;河南省的农业绿色生产综合技术效率相对高效。

粮食主产区农业绿色生产纯技术效率值都比较高,空间分布上省际差异较小。其中江西、辽宁二省的农业绿色生产纯技术效率值为 1,达到随机前沿水平。内蒙古自治区和河北等 10 个省份的农业绿色生产纯技术效率高。整体来讲,粮食主产区各省(自治区)政府的政策和管理水平较为成熟,在实施化肥、农药零增长行动计划后,农户在农业绿色生产过程中减少化肥、农药使用量,充分利用土地、农机、农业技术等生产要素,农业生产中,对人力、物力的分配合理,故农业绿色生产纯技术效率普遍较高。

如图 1 所示,粮食主产区的农业绿色生产规模效率和综合技术效率分布趋势线高度重合,说明农业绿色生产规模效率的空间分布特征与综合技术效率分布相似,可能是因为综合技术效率是纯技术效率和规模效率的乘积,而由第三阶段的测算结果可知,调整后粮食主产区的农业绿色生产纯技术效率值都为 1 或高度接近 1,因此,农业绿色生产综合技术效率的变化主要受规模效率的影响,规模效率的空间分布特征与综合技术效率的分布特征相似。

六、研究结论与对策建议

(一)研究结论

随着双碳战略目标的实施,“绿色+”理念将贯穿经济社会发展,因而减少农业生产碳排放、促进绿色高质高效农业发展有重要意义。本文首先运用面板三阶段 DEA 模型实证测度了粮食主产区的农业绿色生产效率,接着对该区域农业绿色生产效率的空间分布作了等级分析,得出以下结论:

第一,面板 SFA 模型结果显示,环境因素对粮食主产区的农业绿色生产效率影响较大,其中,自然灾害受灾面积的增加会阻碍农业绿色生产效率的提高,经济发展水平和农村居民人均可支配收入的提高对农业绿色生产效率有促进作用。

第二,调整后的 DEA 模型结果表明,相比第一阶段,第三阶段农业绿色生产纯技术效率呈上升趋势,且大部分地区的纯技术效率值高度接近 1,而农业绿色生产综合技术效率和规模效率呈下降趋势,规模效率的递减一定程度上制约了综合技术效率的提高。

第三,粮食主产区农业绿色生产效率空间特征分析结果表明,粮食主产区的农业绿色生产纯技术效率都比较高,区域差异较小;而农业绿色生产综合技术效率和规模效率的区域差异较大,且空间分布特征相似,二者均呈现出南北低、中间高的空间分布

趋势。

(二)对策建议

基于上述结论,为进一步提升粮食主产区的农业绿色生产效率并优化其空间分布格局,减少农业碳排放,促进农业生产低碳转型发展,提出以下对策建议:

第一,优化财政支农资金投向。首先,财政支农资金向农村地区自然灾害预测和基础设施建设倾斜,以进一步完善农村地区灾害监测预警系统,提升防灾减灾能力,减少农户损失。其次,持续落实国家惠农政策,通过完善粮食补贴、农机购置补贴、农业保险保费补贴等增加农户收入,激发农户农业绿色生产的主观能动性,加大农业绿色生产投入,促进农业绿色生产效率提升,提升粮食主产区农业经济发展水平。

第二,鼓励新型农业经营主体适度规模经营。鉴于粮食主产区农业绿色生产规模效率较低的现状,相关部门要加快健全农地流转管理制度和市场监管机制,引导农地经营权有序流转,培育和充分发挥新型农业经营主体的作用,实现更科学的农业适度规模经营,以提高农业绿色生产效率和规模效益,增加综合效益,进一步提升我国农业绿色低碳水平。

第三,差异化举措提升农业绿色生产效率,缩小区域农业绿色发展差距。粮食主产区应根据各地实际情况调整发展策略,例如内蒙古自治区及其他农业绿色生产效率极低的四省,要调整土地利用结构,提高农业土地利用率,提升农业集约化经营水平;黑龙江等六省要在农业绿色生产效率相对中效的基础上引入先进的农业生产设备和技术,有效提高农作物产量和质量;河南要基于其农业绿色生产高效优势,兼顾经济发展与环境保护,实现农业经济发展与生态环境友好的良性循环。

参考文献:

[1]宋艺,谢彤云,王澜熹,等.我国农业碳排放影响因素的实证研究——基于灰色关联模型[J].农业与技术,2020(8).
[2]李兆亮,罗小锋,薛龙飞,等.中国农业绿色生产效率的区域差异及其影响因素分析[J].中国农业大学学报,2017(10).
[3]肖琴,罗其友,周振亚,等.中国农业绿色生产效率的动态变迁与空间分异——基于 DDF-Global Malmquist-Luenberger 指数方法的分析[J].农林经济管理学报,2020(5).
[4]潘丹.基于资源环境约束视角的中国农业绿色生产率测算及其影响因素解析[J].统计与信息论坛,2014(8).
[5]陈萌,林敬,李婷婷.双碳目标下农业绿色转型发展路径研究[J].现代农业研究,2022(9).
[6]高鸣,张哲晰.碳达峰、碳中和目标下我国农业绿色发展的定位和

政策建议[J].华中农业大学学报(社会科学版),2022(1).

[7] 吕小明,范敬允,王琦,等.高质量发展视角下我国长江经济带农业绿色效率研究——基于 SE-Window-DEA 模型[J].农村经济与科技,2020(1).

[8] 刘天宇,徐辉.长江经济带农业环境全要素生产率研究[J].学习与实践,2018(5).

[9] 刘芳,雍会.丝绸之路经济带农业绿色全要素生产率及其收敛性研究[J].生态经济,2018(6).

[10] 李丽.黑龙江省农业绿色全要素生产率及其影响因素研究[D].哈尔滨理工大学,2017.

[11] 杨枝茂.河南绿色农业发展效率评价及提升路径研究[J].农村经济与科技,2019(20).

[12] Ali S.,Gucheng L.,Ying L.,et al.The relationship between carbon dioxide emissions, economic growth and agricultural production in Pakistan: An autoregressive distributed lag analysis [J].Energies,2019(24).

[13] Ortiz-Bobea A.,Ault T. R.,Carrillo C. M.,et al.Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth[J].Nature Climate Change,2021(4).

[14] Rehman A.,Ma H.,Ozturk I.,et al.Examining the carbon emissions and climate impacts on main agricultural crops production and land use: Updated evidence from Pakistan[J].Environmental Science and Pollution Research,2022(1).

[15] Fried H. O.,Lovell C. A. K.,Schmidt S. S.,et al.Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J].Journal of Productivity Analysis,2002(1-2).

[16] 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(8).

[17] 郭海红,张在旭,方丽芬.中国农业绿色全要素生产率时空分异与演化研究[J].现代经济探讨,2018(6).

[18] 崔宁波,生世玉.粮食主产区农业绿色发展的影响因素、质量测度与动力分析——基于绿色全要素生产率视角[J].农业资源与环境学报,2022(3).

[19] 葛鹏飞,王颂吉,黄秀路.中国农业绿色全要素生产率测算[J].中国人口·资源与环境,2018(5).

[20] 吴传清,宋子逸.长江经济带农业绿色全要素生产率测度及影响因素研究[J].科技进步与对策,2018(17).

[21] 相天东.我国区域碳排放效率与全要素生产率研究——基于三阶段 DEA 模型[J].经济经纬,2017(1).

[22] 郭四代,全梦,郭杰,等.基于三阶段 DEA 模型的省际真实环境效率测度与影响因素分析[J].中国人口·资源与环境,2018(3).

[23] 王天慧,陈振,李炳军.基于三阶段 DEA 模型的河南省 18 市农业生产效率研究[J].河南科学,2018(6).

责任编辑 刘玉成 E-mail:770533213@qq.com

Measurement and Spatial Distribution of Agricultural Green Production Efficiency in Major Grain Producing Areas under the Dual Carbon Target

Xu Hui^{1,2} Wang Shujun¹

(1.School of Economics and Management ,Yangtze University ,Jingzhou Hubei 434023;

2.Hubei Rural Development Research Center ,Yangtze University ,Jingzhou Hubei 434023)

Abstract: Based on the panel data of agricultural inputs and outputs in China’s main grain-producing areas from 2003 to 2022,a panel three-stage DEA model is applied to measure the agricultural green production efficiency of the main grain-producing areas,and the spatial distribution of the agricultural green production efficiency in the region is analyzed hierarchically. It is found that,after removing the interference of environmental factors and random errors on the efficiency values,the increase of GDP per capita and disposable income per capita are conducive to the improvement of agricultural green production efficiency,and the increase of natural disaster-affected area hinders the improvement of agricultural green production efficiency.Further analyses found that the comprehensive technical efficiency and scale efficiency of agricultural green production in the main grain producing areas both show a spatial distribution trend of low in the north and south and high in the middle,and the pure technical efficiency values of agricultural green production are all relatively high and concentrated in spatial distribution.In order to further enhance the efficiency of agricultural green production in the main grain-producing areas and optimize its spatial distribution pattern,countermeasures are proposed to optimize the investment of financial funds for agricultural support;encourage new agricultural management main bodies to operate on an appropriate scale;and differentiate initiatives to enhance the efficiency of agricultural green production and narrow the gap in regional agricultural green development.

Keywords: main grain producing areas;agricultural green production efficiency;panel three-stage DEA