

农业绿色发展效率及时空格局演变研究

——基于黄河流域九省(区)数据

杨宏力, 王凤娟

(聊城大学 商学院, 山东 聊城 252001)

摘 要: 深入研判黄河流域农业绿色发展效率地区差异及演变趋势, 对推动黄河流域生态保护和农业高质量发展具有重要意义。基于 2011-2022 年黄河流域九省(区)数据, 采用非期望产出 SBM 模型、Dagum 基尼系数、核密度估计及变异系数分析方法, 测算黄河流域九省(区)农业绿色发展效率, 分析时空格局演变。结果表明: 黄河流域农业绿色发展效率整体上呈波动上升态势, 效率值从 2011 年的 0.38 上升至 2022 年的 0.92; 黄河流域上中下游区域发展存在差异, 但发展效率差距整体呈下降趋势, 总体基尼系数由 2011 年的 0.29 下降到 2022 年的 0.13, 其中地区间差异是造成整体差距大的主要原因。由此, 提出健全农业绿色发展制度体系、深化黄河流域省际农业合作、强化农业绿色发展技术支撑等对策建议。

关键词: 黄河流域; 农业绿色发展效率; 非期望产出 SBM

中图分类号: F32

文献标识码: A

文章编号: 1672-1217 (2024) 04-0085-10

收稿日期: 2024-04-06

作者简介: 杨宏力(1979-), 男, 山东单县人, 聊城大学商学院教授, 经济学博士;

王凤娟(2000-), 女, 山东高密人, 聊城大学商学院硕士研究生。

DOI:10.16284/j.cnki.cn37-1401/c.2024.04.012

经过“十三五”时期的奋斗, 我国农业现代化建设取得了重大进展。党中央指出, “十四五”时期“三农”工作依然重要, 新时期要以推动高质量发展为主题, 加快实现农业农村现代化。一直以来, 黄河流域农业产业在提供农产品、保障粮食安全及出口等方面占据重要地位, 但在发展过程中存在许多现实困境, 其中最严重的问题是生态保护不到位: 黄河流域上游区域涵养水源的功能退减、土地沙漠化严重; 中游区域土地退化、水土流失多发; 下游区域水污染严重^①。绿色发展是解决农业生态问题的关键之举, 农业绿色发展有助于保护生态环境、保障粮食安全、提高农民收入, 推动农业高质量发展。因而, 走农业绿色发展之路, 对加快黄河流域农业产业生态化转型和促进其可持续发展具有重要意义。

一、文献综述

绿色发展是高质量发展的表征之一, 是一种新经济增长和未来社会发展方式。高效率、促和谐、可持续是绿色发展的目标。农业绿色发展效率等同于农业生态效率, 是生态效率在农业领域的具体应用, 是衡量农业绿色发展的重要指标^②, 也是一种满足人类对于农产品品质和量需求的基础上评价农业生产和经济综合绩效的综合性指标。本研究以测算黄河流域九省(区)农业绿色发展效率为主线, 深入探讨黄河流域农业绿色发展的时空格局演变。

国内外学者对农业绿色发展的现有研究主要集中在两个方面: 一方面是研究测算农业绿色发展水平; 另一方面是研究影响农业绿色发展的因素。学者们对农业绿色发展水平进行了大量细致的研究, 运用多样化的方法进行测度, 典型的有单一比值法、熵权法、超效率模型(SBM)、生态足迹分析法、数据包络分析法(DEA)等。近些年, 大部分研究多采用综合性方法, 先通过熵权法确定评价指标权重, 后通过构建指

①王东波、张海莹、宋保胜:《黄河流域农业生态效率评价与比较分析》,《安徽农学通报》2022年第2期。

②肖华堂、薛蕾:《我国农业绿色发展水平与效率耦合协调性研究》,《农村经济》2021年第3期。

标体系对农业绿色发展水平进行测度与研究。姜逢清和田长彦是较早利用简便比值法对农业资源利用效率进行研究的学者^①；陈玉兰等使用熵值法对全国农业绿色发展水平进行测度，发现我国东部地区农业绿色发展水平增速显著^②；殷真真等同样使用熵值法测度了云南省的农业绿色发展水平，发现云南省农业绿色发展水平整体呈上升趋势，但稳定性较差^③；梁耀文等采用超效率 EBM 模型测算了黄河流域九省农业生态效率，发现黄河流域农业生态效率整体呈下降趋势^④；Jianfeng Song 和 Xiaonan Chen 采用结合水足迹评价和随机前沿方法的 WF-SFA 集成方法对我国粮食生产生态效率进行研究，发现我国粮食生产的生态效率水平低下，我国具有提高环境和生态可持续性的潜力^⑤；Benedetta Coluccia et al.采用数据包络分析(DEA)方法对意大利农业部门的生态效率进行了测度，发现意大利农业部门在提升生态效率上存在改进空间^⑥；Hoang 和 Alauddin 使用投入导向的数据包络分析(DEA)方法对 30 个经合组织国家的农业生态效率进行了测度，发现 30 个国家的农业生态效率排名差距较大^⑦；郭书娟等从资源节约、环境友好、生态保育、质量高效四个维度构建农业绿色发展综合评价指数，对河南省农业绿色发展水平进行研究，发现河南省农业绿色发展水平的综合评价指数呈波动上升趋势，但指数数值较低^⑧；黄少坚和冯世艳通过构建资源环境绿色、农业经济发展、农业科技发展、农业产出绿色化四位一体的农业绿色发展指标体系，对我国农业绿色发展水平进行初步评估，发现农业绿色发展水平稳中向好，全国总体水平逐年提高，但农业生态资源环境问题严重^⑨。关于农业绿色发展效率影响因素研究，学者们从农地流转、化肥及农药等化学品的投入、劳动力转移、农旅融合、人口老龄化、农业科技发展、财政支农、经济金融等方面进行了分析。匡远配和张容对粮食生产生态效率进行研究，发现加快农地流转对提升粮食生产生态效率具有显著的促进作用^⑩；惠姝等对作物生产生态效率进行研究，发现化肥农药施用会导致作物生产生态效率低下^⑪；侯孟阳和姚顺波的研究发现农村劳动力转移有利于提升农业生态效率^⑫；胡平波与王晶晶的研究均表明提高农旅融合发展水平对于提升农业生态效率具有显著正向影响^{⑬⑭}；李露和徐维祥对农村人口老龄化效应进行研究，发现农村人口老龄化对农业生态效率总体上呈现负效应^⑮；黄宜等的研究表明农业科技投入对农业生态效率有显著的正向作用。农业科技发展能够促进农业生产结构升级，例如农村互联网使用能改变农业发展模式，从

①姜逢清、田长彦：《新疆典型地区主要农业资源利用效率分析》，《资源科学》2001 年第 2 期。

②陈玉兰、程旭睿、郭君：《我国农业绿色发展水平地区差异及分布动态演进》，《新疆农业科学》2023 年第 1 期。

③殷真真、普雁翔、宋丽华：《云南省农业绿色发展水平综合评价及影响因素分析》，《热带农业科学》2023 年第 4 期。

④梁耀文、王宝海、丁慧媛：《黄河流域农业生态效率时空演变与冲击效应》，《湖北农业科学》2022 年第 1 期。

⑤Jianfeng Song, Xiaonan Chen, "Eco-efficiency of grain production in China based on water footprints: A stochastic frontier approach", *Journal of Cleaner Production*, 2019, 236, pp.117685-117685

⑥Benedetta Coluccia, Donatella Valente et al., "Assessing agricultural eco-efficiency in Italian Regions", *Ecological Indicators*, 2020, 116, p.106483.

⑦Viet-Ngu Hoang, "Mohammad Alauddin, Input-Oriented Data Envelopment Analysis Framework for Measuring and Decomposing Economic, Environmental and Ecological Efficiency: An Application to OECD Agriculture", *Environmental and Resource Economics*, 2012, 51(3), pp.431-452

⑧郭书娟、许亚东、黄进勇：《基于熵权 TOPSIS 模型的农业绿色发展水平评价——以河南省为例》，《浙江大学学报(农业与生命科学版)》2024 年第 2 期。

⑨黄少坚、冯世艳：《农业绿色发展指标设计及水平测度》，《生态经济》2021 年第 5 期。

⑩匡远配、张容：《农地流转对粮食生产生态效率的影响》，《中国人口·资源与环境》2021 年第 4 期。

⑪惠姝、陈晓楠、宋健峰：《基于水足迹的作物生产生态效率评价——以陕西省为例》，《生态学报》2021 年第 8 期。

⑫侯孟阳、姚顺波：《中国农村劳动力转移对农业生态效率影响的空间溢出效应与门槛特征》，《资源科学》2018 年第 12 期。

⑬胡平波、钟漪萍：《政府支持下的农旅融合促进农业生态效率提升机理与实证分析——以全国休闲农业与乡村旅游示范县为例》，《中国农村经济》2019 年第 12 期。

⑭王晶晶、周发明：《农旅融合发展对农业生态效率的影响效应》，《湖南农业大学学报(社会科学版)》2021 年第 2 期。

⑮李露、徐维祥：《农村人口老龄化效应下农业生态效率的变化》，《华南农业大学学报(社会科学版)》2021 年第 2 期。

而提高农业生态效率^①；黄志斌和杨建州对农业生态效率进行研究后指出，在城镇化水平低的地区财政支农资金对农业生态效率呈现显著负向影响，反之会产生促进作用^②；从潘方卉与王磊的研究中发现，绿色金融及数字普惠金融会显著促进农业绿色发展，且两种金融发展均通过影响科技水平促进农业绿色发展^{③④}。

综上所述，现有文献对农业绿色发展效率的研究已取得一定成果，但从流域视角研究农业绿色发展效率的文献较为少见，尤其在时间和空间两种维度上。鉴于此，为了深入了解黄河流域农业绿色发展现状，丰富现有研究，本研究以黄河干流九省(区)数据为样本，先采用非期望产出 SBM 模型对 2011-2022 年期间黄河流域九省(区)农业绿色发展效率进行整体测算，然后使用 Dagum 基尼系数、核密度估计等方法研究黄河流域九省(区)农业绿色发展时空演变规律，最后探索改善九省(区)农业绿色发展效率的路径，以期推动黄河流域农业高质量发展，加快实现农业现代化。

二、样本数据与研究方法

(一)样本选择及数据来源

选取黄河流域九省(区)(青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东)2011-2022 年的相关农业数据作为研究样本。参考梁耀文^⑤和王晶晶^⑥等相关文献，以农业生产总值为期望产出，农业碳排放量为非期望产出，选取有效灌溉面积、化肥施用量、农作物总播种面积、农业机械总动力、农村用电量、农用塑料薄膜使用量、农业从业人数、农用柴油使用量、农药使用量为投入要素，采用非期望产出 SBM 模型测度农业绿色发展效率。农业碳排放量指标测算参照李波等^⑦研究所得，研究所使用的数据来源于 Wind 数据库及九省(区)统计年鉴，少许缺失数据通过插值法补充。具体指标选取如下表 1 所示。

表 1 黄河流域农业绿色发展效率投入产出指标

指标类型		指标选取	单位	数据来源
投入指标	自然类资源投入	有效灌溉面积	千公顷	九省(区)统计年鉴
		农作物总播种面积	千公顷	九省(区)统计年鉴
	人力资源投入	农业从业人数	万人	Wind 数据库
	能源资源投入	农业机械总动力	万千瓦时	Wind 数据库
		农村用电量	亿千瓦时	九省(区)统计年鉴
	物质资源投入	农用塑料薄膜使用量	吨	Wind 数据库
		农用柴油使用量	万吨	九省(区)统计年鉴
		农药使用量	万吨	九省(区)统计年鉴
		化肥施用量	万吨	Wind 数据库
产出指标	期望产出	农业生产总值	亿元	省(区)统计年鉴
	非期望产出	农业碳排放量	万吨	九省(区)统计年鉴

①黄宜、张家缙、周海燕：《农业科技投入对农业生态效率的影响——基于农村互联网使用的传导机制》，《资源开发与市场》2023 年第 7 期。

②黄志斌、杨建州：《财政支农资金对农业生态效率的影响——基于系统动态广义矩估计和门槛效应检验》，《林业经济》2022 年第 10 期。

③潘方卉、张弛、崔宁波：《绿色金融对农业绿色发展的影响效应及其作用机制研究》，《农业经济与管理》2024 年第 1 期。

④王磊、马金铭：《数字普惠金融影响农业绿色发展的机制与效应》，《华南农业大学学报(社会科学版)》2023 年第 22 期。

⑤梁耀文、王宝海、丁慧媛：《黄河流域农业生态效率时空演变与冲击效应》，《湖北农业科学》2022 年第 1 期。

⑥王晶晶、周发明：《农旅融合发展对农业生态效率的影响效应》，《湖南农业大学学报(社会科学版)》2021 年第 2 期。

⑦李波、张俊飏、李海鹏：《中国农业碳排放时空特征及影响因素分解》，《中国人口·资源与环境》2011 年第 8 期。

(二)研究方法

1.非期望产出 SBM 模型

DEA 是一种非参数前沿方法,常用来评估社会经济、生产活动等投入产出效率。传统 DEA 模型并未对投入和产出的松弛变量进行充分考量,导致测算结果存在一定偏差,超效率 SBM 模型则改善了这一问题,将松弛变量纳入到模型当中,对传统 DEA 模型进行了修正。为获得更为准确的效率值,本文选择包含非期望产出的超效率 SBM 模型,具体公式如下。

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (1)$$

$$\begin{cases} s, t, x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - s^+ \\ y_0^b = Y^b\lambda - s^+ \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: ρ^* 是最终测算的效率值,取值范围在 $[0,1]$ 之间; s^g 、 s^b 分别表示每个决策单元(DMU)期望产出不足和非期望产出过剩; y_0^g 、 y_0^b 分别代表期望产出和非期望产出。

为对效率有更直截了当的观察,本文参照曾贤刚等^①对环境效率的分级方法,对农业绿色发展效率进行分级,具体情况如下:

$$\begin{cases} \rho^* < 0.5 & \text{低效率} \\ 0.5 \leq \rho^* < 0.8 & \text{中低效率} \\ 0.8 \leq \rho^* < 1 & \text{中高效率} \\ \rho^* \geq 1 & \text{高效率} \end{cases} \quad (3)$$

2.Dagum 基尼系数法

基尼系数是用来衡量一个国家或地区居民收入分配或财富分配不平等程度的指标。Dagum 基尼系数^②是在传统基尼系数上改进的结果,通过引入一个参数调整后,Dagum 基尼系数变得更具有灵活性。Dagum 基尼系数可分解为组内系数、组间系数和超变密度系数,组内系数代表了地区内部差距,衡量的是黄河流域九省(区)内部农业绿色发展效率水平差距;组间系数代表地区间的差距,衡量的是九省(区)作为整体时每个省份间的净值差距;超变密度系数衡量的是不同地区间存在的交叉重叠现象。Dagum 基尼系数弥补了其他用于测度地区差距方法因无法解决考察数据存在交叉重叠现象的不足,能够更好地识别地区差距来源问题。本研究使用 Dagum 基尼系数来测算黄河流域农业绿色发展效率地区差距。

$$D = \sum_{p=1}^n \sum_{q=1}^n \sum_{i=1}^{m_p} \sum_{r=1}^{m_q} \frac{|X_{pi} - X_{qr}|}{2m^2 \bar{X}} \quad (4)$$

$$D = D_A + D_B + D_C$$

上述式子中, m 和 n 分别为划分黄河流域区域的个数和省(区)个数, i 或 r 代表的是黄河流域农业绿色发展效率水平。 D_A 表示的是地区内部水平差距, D_B 代表的是地区之间水平差距, D_C 是超变密度差异,表示的是各地区交叉重叠现象。

①曾贤刚、刘纪新、牛木川:《高质量发展条件下黄河流域环境效率分析》,《生态经济》2020 年第 7 期。

②Dagum C, "A New Approach to the Decomposition of the Gini Income Inequality ratio", *Empirical Economics*, 1997 (4), pp.515-531.

3.核密度估计

核密度估计是一种估计随机变量的概率密度函数的非参数检验方法,对数据分布无要求,观察样本数据可获得数据分布态势、极化趋势等信息。选取多个年份的核密度估计图,将其绘制在一个坐标系中观察样本数据时序演变规律。运用 Stata15.0 软件绘制黄河流域 2011、2016、2020 和 2022 年的农业绿色发展效率核密度图,通过分析核密度曲线的峰度、位置、形状等,探索黄河流域农业绿色发展效率的时序演变轨迹。

4.变异系数法

变异系数是衡量数据变异程度的相对统计量,为清楚了解黄河流域农业整体绿色效率分布状况,运用变异系数法计算农业绿色效率差异值,变异系数值越高,越接近 1,表明黄河流域农业绿色水平区域发展差异越大,反之,变异系数值越小,表明黄河流域农业绿色水平区域发展差异越小^①。

$$RSD = \frac{\sigma}{\bar{\omega}} \quad (5)$$

其中, RSD 表示变异系数, σ 代表农业绿色发展效率值标准差, $\bar{\omega}$ 代表农业绿色发展效率平均值。采用变异系数法可以更直观感受黄河流域九省(区)农业绿色发展水平差异整体变化,同时也验证其变化是否与 Dagum 基尼系数中的总体基尼系数变动趋势相同,增强研究的说服力。

三、结果与分析

(一)黄河流域九省(区)农业绿色发展效率测度结果

运用非期望产出 SBM 测算的 2011-2022 年黄河流域九省(区)农业绿色发展效率结果如表 2 所示。从整体分析可得,黄河流域农业绿色发展效率呈“斜 Z”形状,波动上升,效率值从 2011 年的 0.38 上升至 2022 年的 0.92,提升了约 2.5 倍,由低效率水平转变为中高效率水平。分时间段来看,2011-2018 年黄河流域九省(区)农业绿色效率年均提升 0.02 左右;2018-2020 年效率增长幅度提升较快,尤其从 2019-2020 年,效率增长达 0.25。但 2020-2021 年期间黄河流域九省(区)农业绿色发展效率呈现“断崖式”下降^②,究其原因可能是 2021 年上半年农业灾害较多且低温达历年新高,对全国农业生产造成严重影响,加之新冠疫情的爆发严重影响人们进行正常农业活动,加重了对农业生产的冲击,使得在这期间农业效率大幅下降。2021-2022 年,恢复正常农业劳作后黄河流域九省(区)农业绿色发展效率也恢复之前水平并有所提升。分省份来看,青海地区农业绿色发展呈现高效率,可能原因是青海地区属于高寒草原中心,农业发展水平适度,农业发展与当地环境紧密相连,具有多样性与适应性,因此当地农业绿色发展水平相对较高;四川、陕西两省农业绿色发展效率平均值位于中低效率,可能原因是传统农业长期发展对环境造成的污染依旧留存,因此两省农业绿色发展效率位于中低水平;其他五个省(区)农业绿色发展平均值呈现低效率,可能的原因是传统农业发展带来的污染影响大,现代农业发展处于初级阶段,导致农业绿色发展效率平均值低。九省(区)平均农业绿色发展效率低下且存在差异的原因多样,主要原因有:有关农业绿色发展理论与实践价值研究不足,相关制度体系建设不完善,导致农业绿色发展效率水平低下^③;各地区自然环境不同,农业发展受自然环境影响大;各地区经济发展不均衡,导致农业产业绿色化发展存在差异^④。

① 查建平、周霞、周玉玺:《黄河流域农业绿色发展水平综合评价分析》,《中国农业资源与区划》2022 年第 1 期。

② 赵佳茹、田贵良:《黄河流域工业生态效率研究》,《人民黄河》2022 年第 10 期。

③ 刘惠良、刘红峰、尹少华:《基于乡村振兴视域下农业绿色发展水平测度研究》,《经济地理》2024 年第 4 期。

④ 韩叙、王英、刘文婷:《县域视角下黄河流域农业绿色发展时空分异特征及驱动因素研究》,《中国生态农业学报》2024 年第 4 期。

表 2 2011-2020 年黄河流域九省(区)农业绿色发展效率

年份	地区									
	青海	四川	甘肃	宁夏	内蒙古	陕西	山西	河南	山东	均值
2011	1.06	0.44	0.17	0.30	0.32	0.34	0.21	0.26	0.29	0.38
2012	1.02	0.48	0.19	0.31	0.34	0.36	0.22	0.27	0.31	0.39
2013	1.02	0.49	0.20	0.32	0.36	0.41	0.23	0.29	0.35	0.41
2014	1.01	0.52	0.20	0.33	0.35	0.45	0.24	0.30	0.37	0.42
2015	1.00	0.57	0.22	0.35	0.33	0.47	0.24	0.30	0.39	0.43
2016	1.00	0.62	0.24	0.37	0.34	0.51	0.27	0.31	0.39	0.45
2017	1.00	0.63	0.26	0.38	0.33	0.52	0.28	0.32	0.40	0.46
2018	1.00	0.67	0.28	0.43	0.37	0.57	0.29	0.34	0.44	0.49
2019	1.01	0.78	0.33	0.44	0.47	0.69	0.33	0.38	0.51	0.55
2020	1.16	1.11	0.37	1.01	1.01	1.01	0.40	0.54	0.63	0.80
2021	1.04	0.85	0.37	0.46	0.63	0.85	0.38	0.65	0.78	0.67
2022	1.11	1.05	0.41	1.02	1.05	1.08	0.42	1.04	1.10	0.92
平均值	1.04	0.68	0.27	0.48	0.49	0.60	0.29	0.42	0.50	

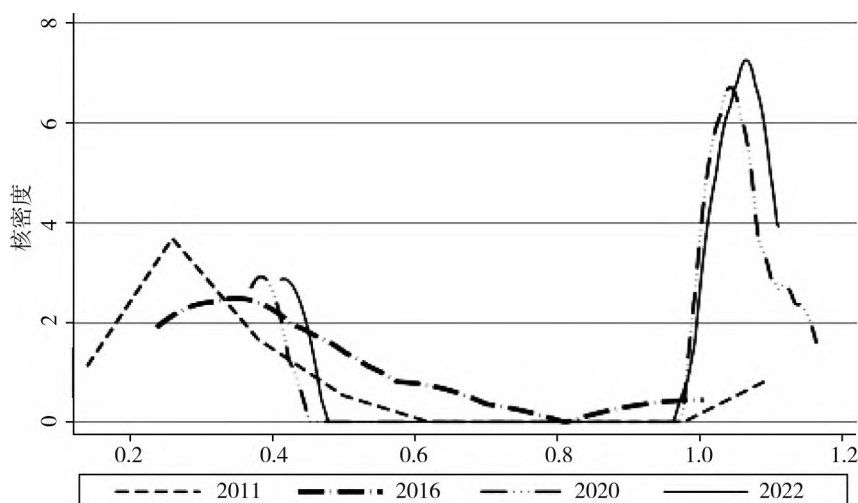


图 1 黄河流域九省(区)农业绿色效率核密度曲线

(二)黄河流域九省(区)农业绿色发展水平空间演变情况

选取 2011、2016、2020 和 2022 年 4 个代表年份绘制黄河流域九省(区)农业绿色效率核密度曲线见图 1。2011-2022 年,核密度曲线中心明显向右移动,2011-2020 年右移幅度较大,2020-2022 年右移幅度较小,表明黄河流域九省(区)农业绿色效率水平不断提高,经历了高速增长到缓慢提升的过程;右拖尾存在逐年缩短的现象,意味着黄河流域九省(区)农业绿色效率区域差距在逐步缩小;同时,核密度曲线从单峰过渡到双峰,且峰高逐渐上升、跨度逐渐变小,亦表明黄河流域九省(区)农业绿色效率区域差异逐步减小。

1. 空间分异特点

按照地理位置将黄河九省(区)划分为上中下游^①。按照上中下游分布统计黄河流域逐年农业绿色发展效率均值,具体情况见表 3。从表 3 竖向区域观察可得,2011-2022 年上中下游区域农业绿色效率均呈现上升态势,尤其是 2018 年以后,上中下游地区农业绿色发展效率增长率高达 10%以上,可能的原因是:2018 年国务院颁布了《关于加快推进黄河流域生态保护和高质量发展的意见》,传达了国家对黄河流域生态保护的重视和关注,推动了黄河流域农业绿色发展。尽管 2020 年至 2021 年上中下游地区均呈现出不同程度

^①青海、甘肃、宁夏、四川为上游区域;内蒙古、山西、陕西为中游区域;河南、山东为下游区域。

下降，但总体上中下游效率水平均保持向好趋势。从表 3 横向区域观察可得，在黄河流域九省(区)农业绿色发展效率排名中上游地区位居首位，中游地区其次，下游地区位于末尾，表明上中下游区域农业绿色发展不均衡。选取 2011、2016、2018 和 2022 年，运用 ArcGIS 软件按自然断点法将农业绿色效率分为 5 个等级。由图 2 可知：黄河流域九省(区)农业绿色效率明显得到提升，上游地区效率发展稳定，中游区域多中低效率省份，下游区域效率最高且变化较大；山东和河南两省农业绿色效率变化较大，青海、四川、甘肃和宁夏四省(区)效率稳定，到 2022 年中游区域仅陕西省与内蒙古自治区效率较高。整体来看，下游区域农业绿色效率高于上中游区域。可能原因是山东省和河南省是农业产业大省，且下游地区属于东部地区多平原，经济发展水平高于黄河流域上游及中游地区，基础设施完备，农业工业化水平高加之政府及有关部门对农业绿色发展的关注，使得两省份农业绿色发展效率变化较大。

表 3 黄河流域上中下游农业绿色发展效率

年份	上游	中游	下游
2011	0.50	0.29	0.27
2012	0.50	0.31	0.29
2013	0.51	0.33	0.32
2014	0.52	0.35	0.33
2015	0.54	0.35	0.35
2016	0.56	0.37	0.35
2017	0.57	0.38	0.36
2018	0.61	0.43	0.42
2019	0.67	0.55	0.51
2020	0.92	0.83	1.03
2021	0.68	0.62	0.72
2022	0.90	0.85	1.07

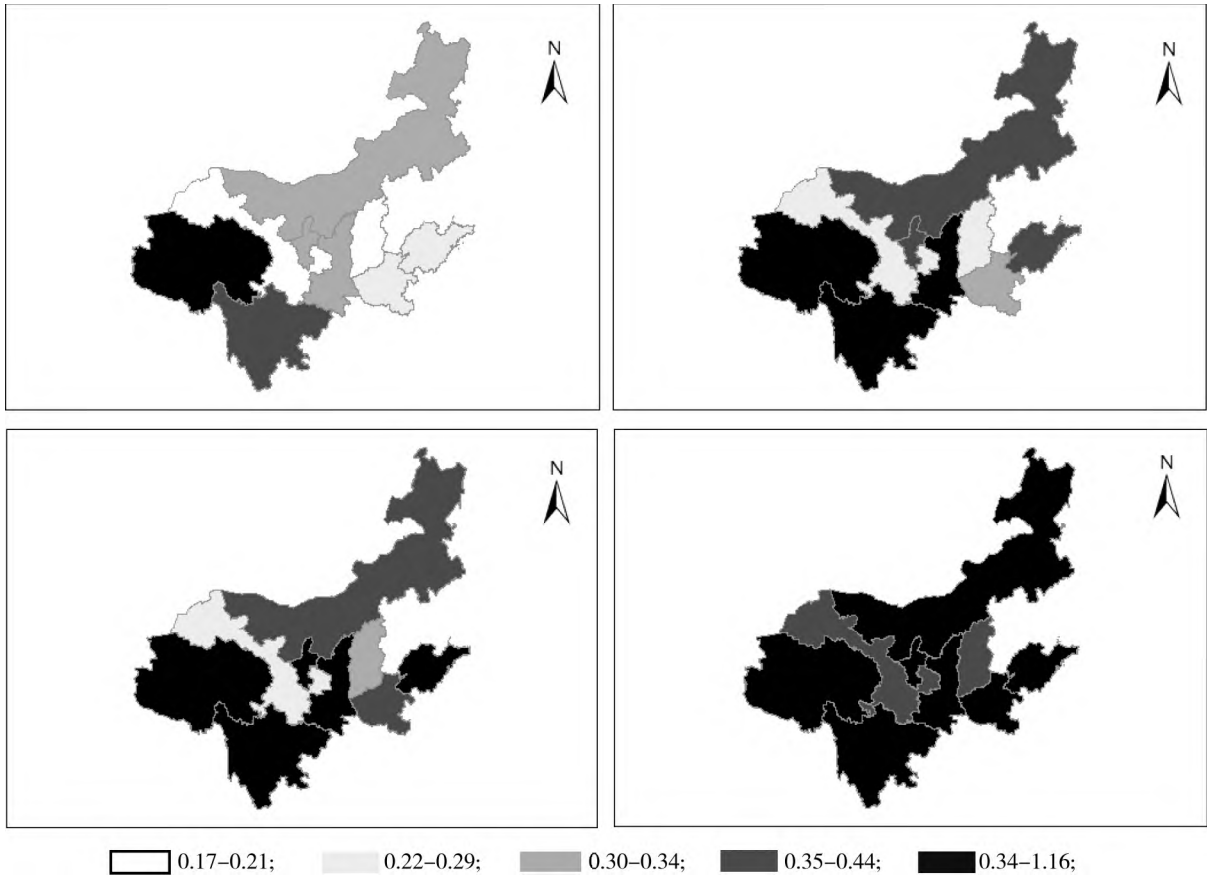


图 2 典型年份农业绿色效率空间分布情况

2.黄河流域九省(区)农业绿色发展效率区域差异来源及其贡献率

表 4 黄河流域上中下游农业绿色发展效率基尼系数及其分解变化

年份	总基尼系数	地区内部基尼系数			地区间基尼系数			贡献率		
		上游	中游	下游	上一中	上一下	中一下	地区间	地区内	超变密度
2011	0.29	0.35	0.10	0.03	0.32	0.33	0.09	49.01	34.72	16.26
2012	0.28	0.33	0.11	0.03	0.30	0.31	0.10	46.76	34.61	18.63
2013	0.27	0.33	0.12	0.05	0.29	0.30	0.11	42.42	35.14	22.44
2014	0.26	0.32	0.13	0.05	0.29	0.22	0.11	40.56	35.18	24.27
2015	0.26	0.30	0.14	0.08	0.28	0.28	0.13	41.48	34.42	24.10
2016	0.25	0.28	0.14	0.05	0.27	0.27	0.12	44.91	33.95	21.15
2017	0.24	0.27	0.14	0.05	0.26	0.26	0.12	45.98	33.73	20.30
2018	0.23	0.24	0.15	0.09	0.24	0.24	0.14	41.43	33.62	24.96
2019	0.20	0.21	0.16	0.13	0.20	0.21	0.16	30.73	34.17	35.10
2020	0.15	0.17	0.18	0.00	0.18	0.12	0.12	28.34	35.62	36.62
2021	0.19	0.22	0.17	0.44	0.21	0.19	0.13	16.22	34.57	49.21
2022	0.13	0.15	0.17	0.01	0.16	0.11	0.12	33.81	35.24	30.95

表 4 描述了黄河流域上中下游农业绿色发展效率水平基尼系数及其分解变化，可以看出，2011-2022 年黄河流域九省(区)农业绿色发展效率水平的总体差距呈现出波动下降的态势。在样本期内，总体差距由 2011 年的 0.29 下降至 2022 年的 0.13，表明黄河流域农业绿色发展效率水平的地区差异明显缩小。从地区内部基尼系数看，上游地区农业绿色效率水平差异整体呈显著下降趋势，基尼系数变化由 2011 年 0.35 下降至 2022 年的 0.15；下游地区农业绿色效率水平差异从 2011 年的 0.03 下降到 2022 年的 0.01；中游地区小幅度上升，从 2011 年的 0.10 上涨到 2022 年的 0.17。十年间，黄河流域上、下游地区内部差异显著下降，中游地区内部差异显著增长，区域内农业绿色发展效率水平不同步。从地区间基尼系数看，2011-2022 年，上一中游地区和上一下游地区间差异整体呈下降态势，其中上一中游地区下降幅度高达 50%，上一下游地区下降率更是高达 66.7%；中一下游地区间整体差异从 2011 年的 0.09 上升到 2022 年的 0.12，上升幅度为 33.3%。

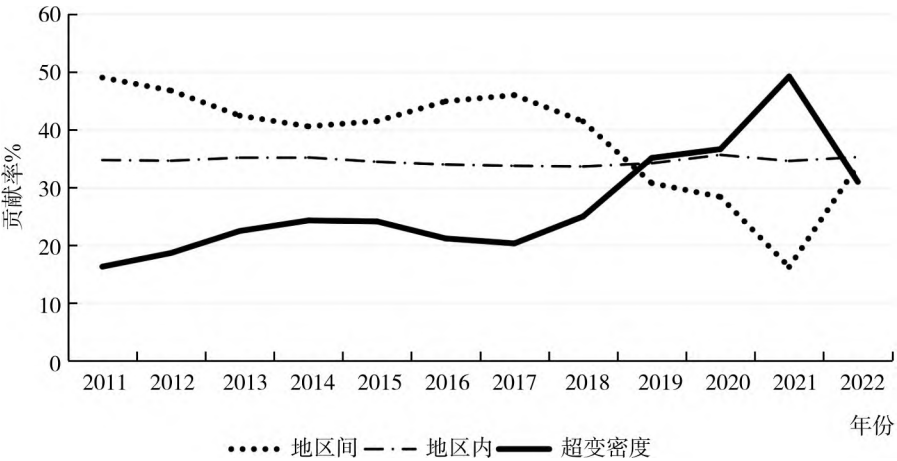


图 3 黄河流域农业绿色发展效率差异的贡献率趋势

图 3 为黄河流域农业绿色发展效率差异的贡献率趋势图，从图 3 可得，在样本期内，黄河流域农业绿色发展效率水平的总体差距主要来源于地区间净值差距，在 2019 年之前其贡献率高于地区内差距的贡献率和超变密度的贡献率。地区内差距的贡献率在 2019 年之前始终高于超变密度的贡献率，是黄河流域农业绿色发展效率水平总体差距的第二来源，超变密度的贡献率最低，是黄河流域农业绿色发展效率水平总

体差距的第三来源。在整个样本期内，地区间差异贡献率最高，高达 49%，但地区间贡献差异总体保持长期下降的动态趋势，到 2021 年下降到 16.22%；地区内差距的贡献率维持 33%-36%，基本稳定；超变密度贡献率差距由 2011 年的 16.26% 持续上升至 2021 年的 49.21% 后下降至 2022 年的 30.95%，但整体呈缓慢上升趋势。

3. 黄河流域九省(区)农业绿色发展效率变异系数分析

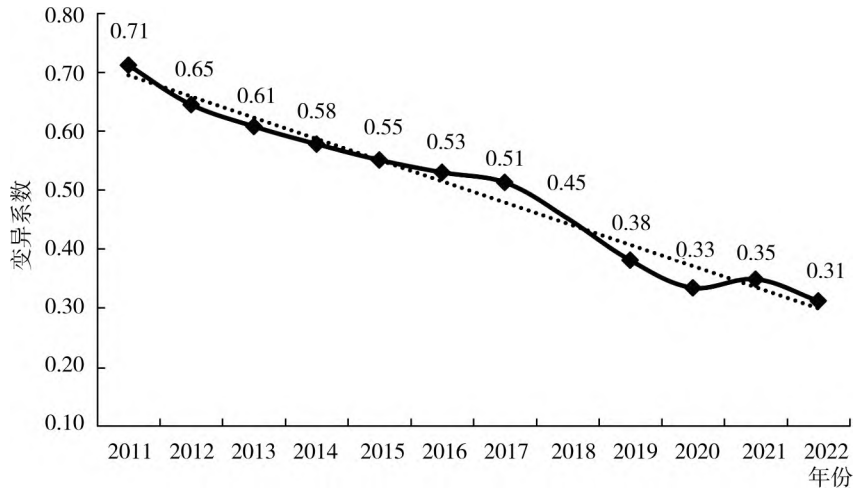


图 4 黄河流域农业绿色发展效率变异系数

图 4 表示的是我国黄河流域九省(区)农业绿色效率的变异系数变化，黄河流域农业绿色发展效率变异系数从 2011 年 0.71 逐年下降到 2022 年 0.31，平均每年保持 3.78% 的降幅，尤其是 2017、2018、2019 三年年均降幅高达 6.6%，表明在 2011-2022 年黄河流域九省(区)农业绿色发展效率的差距不断缩小且具有继续缩减的趋势，这与 Dagum 基尼系数中总体基尼系数变化趋势一致。2010 年中央一号文件提出“稳粮保供给、增收惠民生、改革促统筹、强基增后劲”，全国各地加强对农业的投入，推动农业经济的增长，在 2015 年新发展理念提出后，农业产业生产经营更加注重绿色发展，尤其是 2017 年乡村振兴战略提出后，农业农村发展成为关注焦点，农业绿色发展成为未来农业发展趋势，在图 4 中对应 2017 年后黄河流域九省农业绿色发展效率差异大幅度降低。黄河流域九省(区)之间农业绿色发展差异稳步下降，有利于推动全国农业产业协调发展，促进农业发展不平衡问题的解决，从而现实全面乡村振兴。

四、研究结论与政策建议

(一) 研究结论

黄河流域是我国重要粮食生产区和生态保护区，在推动生态系统保护和绿色农业发展方面有重要意义。为探究黄河流域农业绿色发展和空间演变状况，本文以黄河干流沿线 9 个九省(区)为样本，选取 2011-2022 年为样本时期，运用非期望产出的超效率模型测算黄河流域农业绿色发展水平，通过 Dagum 基尼系数、核密度估计等分析其地域演变情况，得到以下结论：

1. 在样本期内黄河流域九省(区)农业绿色发展效率不断提升，效率值从 2011 年的 0.38 上升至 2022 年的 0.92，由低效率转变为中高效率水平，但仍存在较大发展空间。黄河流域整体农业绿色发展呈现出上升态势，但并不平稳，易受外部环境影响。根据空间分布图可知，黄河流域上中下游地区农业绿色发展不均衡，下游地区农业绿色发展效率整体高于上中游地区。

2. 在样本期内黄河流域九省(区)农业绿色发展效率差距整体呈下降趋势，总体基尼系数由 2011 年的 0.29 下降到 2022 年的 0.13。其中，上游和下游地区内部基尼系数逐年下降，但中游地区内部差异呈现上升趋势；地区间差异是造成差异大的主要原因，到 2022 年上一中游地区间差异最大，达 0.16。从核密度曲

线图可得,黄河流域农业绿色效率水平不断提高且区域间发展差异不断降低,农业绿色发展效率的变异系数结果同样表明黄河流域农业绿色发展效率差异正不断缩小。

(二)政策建议

1.健全农业绿色发展制度体系。完善的制度体系是黄河流域生态保护和高质量发展的法理支撑。要严格落实中共中央办公厅、国务院办公厅《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》,完善黄河流域农业绿色发展相关制度,优化农业绿色发展的顶层设计,如耕地制度、环保制度、人才引进制度、农业补贴制度等。加强土地管理,合理规划农业布局;加大环保力度,发展生态农业;积极引进高素质农业人才,引领农业产业升级。

2.深化黄河流域省际农业合作。黄河流域九省(区)要因地制宜,发挥比较优势,加强区域间农业合作。以绿色现代农业为发展方向,在农业产业发展规划、农业项目布局、水资源保护与调配、农作物新品种繁育推广、农业生产技术推广、专业农业人才培养等方面,各省区建立省长、厅长联席会议,合作论坛等联动机制,搭建农业绿色生态发展合作平台。

3.强化农业绿色发展技术支撑。研究表明,虽然九省(区)存在一些差异但黄河流域农业绿色发展效率整体水平仍有较大提升空间,而实现提升的关键要素是农业绿色发展技术。因而要转变农业科技创新方向,持续加大农业绿色发展技术基础性研究支持力度,加快建设绿色发展技术应用项目,通过设立政府投资引导基金等手段撬动社会资本投向绿色农业领域,着力构建支撑农业绿色发展的技术体系。

Study on Agricultural Green Development Efficiency and Spatio-temporal Pattern Evolution

——Based on the Data of Nine Provinces(Regions)along the Yellow River Basin

YANG Hong-li, WANG Feng-juan

(School of Business, Liaocheng University, Liaocheng 252001, China)

Abstract: Deeply analyzing the regional differences and evolutionary trends in the efficiency of green agricultural development in the Yellow River Basin is of great significance for promoting ecological protection and high-quality agricultural development in the Yellow River Basin. Based on the data of nine provinces (regions) in the Yellow River Basin from 2011 to 2022, this paper uses the undesired output SBM model, Dagum Gini coefficient, kernel density estimation and coefficient of variation analysis method to measure the agricultural green development efficiency and analyze the spatial-temporal pattern evolution of nine provinces (regions) in the Yellow River Basin. The results show that: The agricultural green development efficiency in the Yellow River Basin shows a fluctuating upward trend on the whole, and the efficiency value increases from 0.38 in 2011 to 0.92 in 2022; There are differences in regional development in the upper, middle and lower reaches of the Yellow River Basin, but the overall development efficiency gap shows a downward trend, and the overall Gini coefficient drops from 0.29 in 2011 to 0.13 in 2022. Therefore, this paper puts forward some countermeasures and suggestions, such as improving the system of agricultural green development, deepening the inter-provincial agricultural cooperation in the Yellow River Basin, and strengthening the technical support for agricultural green development.

Key words: Yellow River basin; efficiency of green agricultural development; unexpected output SBM

[责任编辑 山阳]