

Doi: 10.20062/j.cnki.CN 37-1453/N.2024.03.004

黄河流域粮食生产效率测度及时空演化研究

程刚^{1,2}, 西成¹, 李旭辉¹

(1. 安徽财经大学 管理科学与工程学院, 安徽 蚌埠 233030; 2. 淮南师范学院 教育学院, 安徽 淮南 232038)

摘要: 本文构建了基于非期望产出的超效率 SBM 效率测度模型, 对 2012—2022 年黄河流域 9 个省(区) 进行粮食生产效率测度和分析, 研究如下研究结果。1) 考察期内, 黄河流域粮食生产效率总体水平低, DEA(data envelopment analysis) 无效, 粮食生产效率具有较大的提升空间。2) 从空间演化特征来看, 黄河流域粮食生产效率存在明显的区域差异, 由高到低依次为下游地区、上游地区、中游地区, 河南省的粮食生产效率处于领先水平。3) 从时间演化特征来看, 黄河流域整体的粮食生产效率大致呈现“V”型变化趋势, 下游地区的粮食生产效率波动幅度较大, 但是其年均增长率最低; 中游地区粮食生产效率较为稳定, 年均增长率最大; 上游地区粮食生产效率最不稳定, 年均增长率处于中等水平。此外, 自党的十九大以来, 黄河流域各省(区) 的粮食生产效率都有不同程度的提升, 其中内蒙古的粮食生产效率增长幅度最大。

关键词: 超效率 SBM 模型; 粮食生产效率; 黄河流域; 时空演化

中图分类号: F326.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-8020(2024)03-0218-08

农业是温室气体的主要排放源之一, 当前农业二氧化碳排放量仅次于能源行业, 成为我国温室气体排放的第二大来源。2020 年碳达峰碳中和目标的提出给未来粮食产业的低碳转型带来挑战的同时也提供了发展机遇。黄河流域是中国农业经济开发最早、面积最大的地区, 流经 4 个粮食主产区, 是我国重要的粮食生产基地, 也是促进“双碳”目标实现的重点减碳固碳区域。2021 年, 中共中央国务院发布的《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》提到, 到 2030 年, 黄河流域生态环境质量将明显改善, 国家粮食和能源基地地位持续巩固。目前, 黄河流域粮食生产仍面临耕地减少、水资源缺乏、劳动力不足和自然灾害等问题, 严重阻碍粮食生产效率的提高。因此, 探究黄河流域粮食生产效率及其时空演化规律对于保障国家粮食安全、推动黄河流域生态保护和高质量发展具有重要意义。

近年来, 学者们围绕粮食生产效率进行了众多研究。从研究方法看, 主要采用 DEA(data envelopment analysis) 模型对粮食生产效率进行测度, 如杨庆等^[1] 基于以投入为导向的 BCC 模型对长江三角洲地区农产品主产区域的粮食生产效率

进行测度; 伍国勇等^[2] 采用产出导向的 BCC 模型测算了 2006—2017 年中国粮食生产效率, 发现中国粮食生产效率整体偏低; Aslam 等^[3] 通过构建 DEA 模型对中国、印度和巴基斯坦的小麦和水稻生产效率进行评价; Nodin 等^[4] 采用 DEA 模型研究了马来西亚的水稻生产效率; 王金伟等^[5] 利用 DEA-CCR 模型对我国 31 个省份 2010—2019 年的粮食生产效率进行测算, 发现我国大部分省份粮食生产效率较低。然而, 传统 DEA 模型属于径向模型, 忽略了决策单元投入过多或产出不足等情况, 易产生松弛问题。相比之下, 加入非期望产出的 SBM(slacks-based measure) 模型^[6] 不仅能克服传统 DEA 模型的不足, 还能评价粮食生产过程中所产生的污染物排放, 更适合测度粮食生产效率。如赵雯歆等^[7] 基于湖北省和河南省共计 770 份粮农调查数据, 利用 DEA-SBM 模型考察其粮食绿色生产效率。

从投入产出指标来看, 早期学者在构建粮食生产效率指标体系时多以土地、劳动力以及技术为投入指标, 用粮食总产量来衡量产出^[8-9]。随着粮食产量的增加, 在粮食生产过程中水资源匮乏、化肥农药超标使用都会导致农业面源污染, 学

收稿日期: 2024-02-04; 修回日期: 2024-04-15

基金项目: 国家社会科学基金(22BJY262); 安徽财经大学研究生科研创新基金(ACYC2022163)

通信作者简介: 程刚(1966—), 男, 教授, 硕士研究生导师, 博士, 研究方向为区域经济与农业经济。E-mail: chenggangen@ 163.com

者们开始将面源污染纳入到粮食生产效率测算指标体系中。如陈宝珍等^[10]采用总氮、总磷污染的等标污染排放来衡量面源污染,计算我国31个省份粮食生产的生态效率;黄馨亿等^[11]将化肥氮(磷)排放、农药残留和地膜残留作为农业面源污染,考察粤西地区粮食生产效率水平;Zhang等^[12]从农业生产环境污染中提取5个指标测算得到环境污染指数,进而对粮食生产效率进行评价。随着碳达峰碳中和的提出,学者们开始考虑粮食生产过程中碳排放问题,如鲁庆尧等^[13]将农用机械消耗燃油和施用氮肥产生的碳排放纳入粮食生产效率评价指标体系中。

综上,国内外关于粮食生产效率的研究成果虽然较丰富,但仍存在一定的局限性。从研究尺度上看,当前研究主要集中在全国、省域和国家重大战略区域等^[14-18],少有基于黄河流域的粮食生产效率研究。从测度指标上看,研究大多基于农户视角的直接要素投入,很少考虑政府对粮食生产的公共投资,此外多以粮食产量来衡量期望产出,忽略了经济收益。在研究维度上,当前研究多注重从空间维度^[19-20]或者时间维度^[21-22]考察粮食生产效率,对于黄河流域粮食生产效率的阶段性特征还有待深入分析。鉴于此,本文立足于“双碳”目标及粮食安全,利用超效率SBM模型对2012—2022年黄河流域粮食生产效率进行综合测度,从空间、时间及阶段性特征等维度进行精准分析,以期为推动黄河流域生态保护和高质量发展提供理论借鉴和决策参考。

1 指标体系构建与数据来源

1.1 研究区域

黄河流域流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南和山东共9个省(区),总面积为79.5万km²,总人口为4.2亿人,耕地面积为1 193.33万hm²,2022年黄河流域粮食产量为24 255亿t,占全国粮食总产量的35.33%。可以说,黄河流域是我国重要的粮食生产核心区,对于保障国家粮食安全发挥着重要作用。因此,本文基于黄河流域9个省(区),针对上游、中游、下游三大区域的粮食生产效率进行测度与分析。其中,上游地区包括青海、四川、甘肃、宁夏和内蒙古

5个省(区);中游地区包括陕西和山西;下游地区包括河南和山东。

1.2 指标体系构建

投入、产出指标的选取直接影响粮食生产效率测度的准确性和科学性,由于粮食生产过程中化肥、农药、农机的投入将带来温室气体排放,为处理好减污降碳与粮食安全的关系,本文构建“双碳”目标下粮食生产效率的投入、产出指标体系。

在粮食生产效率投入指标的选取上,本文借鉴文献[23—25]的研究成果,采用土地投入、劳动力投入、机械投入、化肥投入、农药投入、政府投入以及水资源投入等7项指标。

在粮食生产效率产出指标的选取上,本文主要选取粮食产量与经济效益作为期望产出,用碳排放强度和面源污染来衡量非期望产出,其中粮食产量用粮食作物总产量来衡量,经济效益采用种植业生产价格指数来衡量。在粮食生产过程中,化肥和农药的使用、灌溉和耕作方式等因素都会直接或间接影响碳排放量,本文参考文献[26—28]确定农业碳排放系数(见表1),并将农药污染率、化肥流失率以及农膜残留率依次设置为50%、65%、10%,则污染排放量=(农药使用量×50%)+(化肥施用量×65%)+(农膜残留量×10%)。本文构建的粮食生产效率指标体系具体见表2。

超效率SBM模型的决策单元下限一般是所选投入和产出总和的2倍以上,因此,本文在测算黄河流域各省(区)粮食生产效率时,选取了全国30个省(区、市)(不包括西藏、港澳台地区)2012—2022年的数据进行考察。

表1 农业碳排放系数
Tab.1 Agricultural carbon emission coefficients

| 碳排放源 | 碳排放系数 | 单位 | 数据来源 |
|------|---------|---------------------|----------------------|
| 化肥 | 0.895 6 | kg·kg ⁻¹ | 美国橡树岭国家实验室 |
| 农药 | 4.934 1 | kg·kg ⁻¹ | 美国橡树岭国家实验室 |
| 农膜 | 5.18 | kg·kg ⁻¹ | 南京农业大学农业资源与生态环境研究 |
| 农用柴油 | 0.592 7 | kg·kg ⁻¹ | IPCC 联合国气候变化政府间专家委员会 |
| 农业灌溉 | 20.476 | kg·hm ⁻² | 文献[29] |
| 翻耕 | 312.6 | kg·hm ⁻² | 中国农业大学生物与技术学院 |

表2 粮食生产效率测度指标体系

Tab.2 Index system for measuring grain production efficiency

| 指标类型 | 指标构成 | 具体测度指标 | 衡量方式 |
|------|-------|------------|------------|
| 投入指标 | 土地投入 | 播种面积 | 参考文献[28] |
| | 劳动力投入 | 粮食种植业劳动人数 | 第一产业从业人数·α |
| | 机械投入 | 粮食种植业机械总动力 | 农业机械总动力·β |
| | 化肥投入 | 粮食种植业化肥施用量 | 化肥施用量·β |
| | 农药投入 | 粮食种植业农药施用量 | 农药施用量·β |
| | 政府投入 | 粮食种植业财政支出 | 农林水事务支出量·α |
| | 水资源投入 | 粮食种植业用水量 | 农业用水量·β |
| 产出指标 | 期望产出 | 粮食产量 | 粮食作物总产量 |
| | | 经济效益 | 种植业生产价格指数 |
| | 非期望产出 | 碳排放强度 | 粮食种植业碳排放量 |
| | | 面源污染 | 粮食种植业污染排放量 |

注: α=(农业产值/农林牧渔总产值)×(粮食作物播种面积/农作物播种总面积); β=粮食作物播种面积/农作物播种总面积。

1.3 数据来源

本文初始数据均来源于2012—2022年的《中国统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》《中国农村统计年鉴》以及黄河流域各省(区)的统计年鉴与EPS数据库。其中,部分缺失数据采用均值插补法与趋势外推法补齐。

2 研究方法

传统DEA模型能够对粮食生产效率进行静态分析,但无法兼顾投入和产出的松弛变量问题,易导致计算结果出现误差;超效率SBM模型能够有效解决投入和产出的冗余问题,且更符合农业生产实际情况。因此,本文利用超效率SBM模型来衡量黄河流域粮食生产效率,将黄河流域各省(区)视为一个决策单元,其粮食生产效率的计算公式如下:

$$\min \varphi = \frac{1 + \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{m_1 + m_2} \left(\sum_{r=1}^{m_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{m_2} \frac{s_t^{b-}}{b_{tk}} \right)}, \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- \leq x_{ik}, & i = 1, 2, \dots, p, \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \geq y_{rk}, & r = 1, 2, \dots, m_1, \\ \sum_{j=1}^n b_{tj} \lambda_j - s_t^{b-} \leq b_{tk}, & t = 1, 2, \dots, m_2, \\ 1 - \frac{1}{m_1 + m_2} \left(\sum_{r=1}^{m_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{m_2} \frac{s_t^{b-}}{b_{tk}} \right) > 0, \\ \lambda_j, s_i^-, s_r^+, s_t^{b-} \geq 0, \end{cases} \quad (2)$$

其中: φ表示粮食生产效率值, φ < 1表明决策单元的粮食生产效率处于无效率状态, φ ≥ 1表明此决策单元的粮食生产效率达到有效状态; n为省(区)的数量, j为第j个省(区); p、m₁和m₂分别表示投入、期望产出和非期望产出的指标数量; x_{ij}是第j个省(区)的第i项投入, y_{rj}表示第j个省(区)的第r项产出, b_{tj}代表第j个省(区)的第t项非期望产出; λ_j为强度变量, s_i⁻、s_r⁺和s_t^{b-}分别代表投入松弛变量、产出松弛变量和非期望产出松弛变量。

借鉴文献[30],将粮食生产效率进行分级,结果见表3。

表3 粮食生产效率分级标准

Tab.3 Grading standards for grain production efficiency

| 效率值(θ) | DEA有效性 | 生产效率级别 |
|---------------|--------|--------|
| θ ≥ 1.5 | 有效 | 极高 |
| 1.5 > θ ≥ 1.2 | 有效 | 较高 |
| 1.2 > θ ≥ 1.0 | 有效 | 高 |
| 1.0 > θ ≥ 0.7 | 无效 | 低 |
| 0.7 > θ ≥ 0.5 | 无效 | 较低 |
| θ < 0.5 | 无效 | 极低 |

3 黄河流域粮食生产效率时空演化特征

基于上述指标体系和数据来源,本文运用MaxDEA 7.0软件,选取基于规模报酬不变且以投入为导向的超效率SBM模型,对2012—2022年黄河流域9个省(区)粮食生产效率进行测算。

3.1 空间演化特征

对黄河流域粮食生产效率的空间演化特征进行测度,得到表4。

表4 2012—2022年黄河流域粮食生产效率测算结果

Tab.4 Calculation results of grain production efficiency in the Yellow River basin from 2012 to 2022

| 地区 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 均值 | 排名 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| 河南 | 1.018 | 0.935 | 1.005 | 0.924 | 1.038 | 0.975 | 1.058 | 1.000 | 1.026 | 1.029 | 1.029 | 1.003 | 1 |
| 山东 | 1.010 | 0.901 | 0.865 | 0.832 | 1.040 | 0.955 | 1.111 | 0.962 | 1.004 | 1.059 | 1.154 | 0.990 | 2 |
| 下游 | 1.014 | 0.918 | 0.935 | 0.878 | 1.039 | 0.965 | 1.084 | 0.981 | 1.015 | 1.044 | 1.091 | 0.997 | |
| 陕西 | 0.611 | 0.601 | 0.594 | 0.594 | 0.622 | 0.560 | 0.601 | 0.635 | 0.656 | 0.660 | 0.669 | 0.619 | 7 |
| 山西 | 0.531 | 0.543 | 0.555 | 0.503 | 0.609 | 0.610 | 0.628 | 0.631 | 0.664 | 0.664 | 0.707 | 0.604 | 8 |
| 中游 | 0.571 | 0.572 | 0.575 | 0.549 | 0.615 | 0.585 | 0.614 | 0.633 | 0.660 | 0.662 | 0.688 | 0.611 | |
| 青海 | 1.036 | 1.018 | 0.880 | 0.807 | 0.807 | 0.812 | 0.801 | 1.040 | 1.059 | 1.109 | 1.115 | 0.953 | 4 |
| 四川 | 1.019 | 1.002 | 0.964 | 0.931 | 0.953 | 0.943 | 0.918 | 1.064 | 1.032 | 1.023 | 1.030 | 0.989 | 3 |
| 甘肃 | 0.499 | 0.490 | 0.493 | 0.471 | 0.506 | 0.503 | 0.517 | 0.563 | 0.584 | 0.619 | 0.627 | 0.534 | 9 |
| 宁夏 | 0.839 | 0.913 | 1.010 | 0.849 | 0.841 | 0.790 | 0.905 | 1.004 | 1.075 | 1.027 | 1.021 | 0.934 | 5 |
| 内蒙古 | 0.731 | 0.772 | 0.733 | 0.710 | 1.004 | 0.783 | 0.887 | 1.002 | 1.070 | 1.006 | 1.005 | 0.882 | 6 |
| 上游 | 0.825 | 0.839 | 0.816 | 0.754 | 0.822 | 0.766 | 0.805 | 0.935 | 0.964 | 0.957 | 0.959 | 0.858 | |
| 黄河流域 | 0.811 | 0.797 | 0.789 | 0.736 | 0.824 | 0.770 | 0.825 | 0.878 | 0.908 | 0.911 | 0.928 | 0.834 | |

从黄河流域整体来看,2012—2022年黄河流域粮食生产效率平均值介于0.7~1.0,属于DEA无效,粮食生产效率为低水平。11年间粮食生产效率平均值为0.834,表明在当前条件下黄河流域粮食生产效率并不高,具有较大的发展潜力。原因可能是黄河流域生态环境脆弱,资源环境承载能力有限。因此,应加快构建黄河流域“水—能源—粮食”纽带安全体系,提升水资源与能源的利用效率,实现水资源、能源与粮食生产的协同高质量发展。

从区域来看,上游、中游和下游地区时空变化特征各不相同,存在明显的区域差异。考察期内,粮食生产效率均值排名由高到低依次为下游地区(0.997)、上游地区(0.858)、中游地区(0.611)。其中:下游和上游地区的粮食生产效率平均值介于0.7~1.0,为DEA无效,处于低水平;中游地区的粮食生产效率介于0.5~0.7,低于黄河流域平均水平(0.834),粮食生产效率为DEA无效,处于较低水平。可能的原因在于下游地区加强财政和金融政策协同联动,引导金融活水流向三农领域,完善多层次农业保险保障体系,加大对各类涉农主体融资支持,助力农业产业发展;此外,积极发展低碳农业,推动农业绿色转型升级,因此下游地区处于“领跑者”。而中、上游地区地形多以高原、山地、丘陵为主,耕地面积不多,不利于机械化、规模化耕种,特别是中游地区,气候干旱,水资源匮乏,气象灾害频发,农产品抵御自然灾害能力弱,农业基础设施也较为薄弱,进一步加大了农业灌溉难度,导致粮食生产效率较低。

从省域来看,考察期内黄河流域各省(区)粮食生产效率平均值依次为河南(1.003)、山东

(0.990)、四川(0.989)、青海(0.953)、宁夏(0.934)、内蒙古(0.882)、陕西(0.619)、山西(0.604)、甘肃(0.534)。其中,河南的粮食生产效率均值介于1.0~1.2,属于DEA有效,粮食生产效率高;山东、四川、青海、宁夏与内蒙古的粮食生产效率均值位于0.7~1.0,占整体的56%,属于DEA无效且粮食生产效率低;陕西、山西及甘肃的粮食生产效率均值介于0.5~0.7,属于DEA无效且效率较低。综上分析可知,黄河流域各省(区)间存在显著差异,仅河南省实现了DEA有效,且粮食生产效率为高水平,而甘肃、山西、陕西的粮食生产效率发展水平相对落后,因此,要加强这3个省粮食生产的政策支持力度,促进黄河流域粮食生产效率协同提升。

3.2 时间演化特征

3.2.1 逐年考察

考察黄河流域整体以及上游、中游、下游地区粮食生产效率的时序演化特征,得到图1。

整体来看,黄河流域粮食生产效率处于低水平,且在2012—2022年间呈现先下降后上升的“V”型变化趋势。具体来说,粮食生产效率从2012年的0.811逐步下降到2015年的0.736,随后波动上升至2022年的0.928。究其原因可能是:2015年之前黄河流域粮食产业发展进程中的投入要素以消耗生态环境为主,使得粮食生产过程产生许多污染生态环境的非期望产出;而在2015年党中央、国务院相继出台《中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见》《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》之后,逐渐意识到生态环境的重要性,在发展粮食产业的同

时注重生态环境的保护,改变粮食产业发展方式,降低了非期望产出,从而提高了粮食生产效率。

从区域层面来看:考察期内中游地区的粮食生产效率整体波动幅度最小,介于0.549与0.688之间,年均增长率为1.88%,粮食生产效率达到最高;上游地区的粮食生产效率与黄河流域整体的粮食生产效率波动趋势最为接近,且波动幅度最大,在2017年后表现出对下游地区的强劲追赶趋势,年均增长率为1.52%;下游地区粮食生产效率大致呈现先下降后上升再下降最后上升的“W”型波动趋势,年均增长率为0.74%,粮食生产效率达到最小。

总的来说:2012—2022年,下游地区的粮食

生产效率波动幅度较大,但是其年均增长率最低,粮食产业发展速度呈现减缓趋势;中游地区粮食生产效率较为稳定,但是其年均增长率最大;上游地区粮食生产效率最不稳定,曲线波动幅度最大,年均增长率处于中等水平。因此,黄河流域要因因地制宜,分类施策,进一步提高粮食生产效率。对于下游地区,激发粮食生产内生动力,提高粮食生产效率的增长速度,同时也要提高粮食生产用水效率,减少碳排放,加大对于农业面源污染的综合治理。对于上游和中游地区,政府应加大对粮食生产的扶持力度,改善自然条件和环境承载能力,促进粮食产业转型升级。

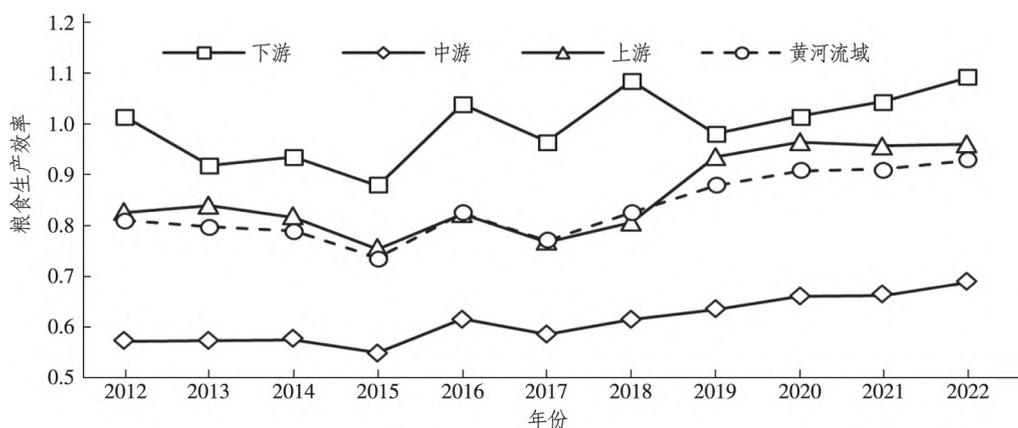


图1 2012—2022年黄河流域粮食生产效率演变趋势

Fig.1 The evolution trends of grain production efficiency in the Yellow River basin from 2012 to 2022

3.2.2 阶段性考察

党的十九大以来,习近平总书记多次提到黄河流域生态保护和高质量发展,黄河流域在实现“双碳”目标以及保障国家粮食安全方面具有十分重要的地位。因此,本节以党的十九大为分界点,对比分析黄河流域及其各省(区)粮食生产效率的变化情况。

图2描述了黄河流域粮食生产效率的阶段性特征。党的十九大之前,黄河流域整体粮食生产效率为0.7878,各省(区)的粮食生产效率从高到低依次为河南(0.9827)、四川(0.9688)、山东(0.9336)、青海(0.8935)、宁夏(0.8738)、内蒙古(0.7887)、陕西(0.5971)、山西(0.5583)和甘肃(0.4936),其中陕西、山西与甘肃的粮食生产效率均低于黄河流域整体的平均值,而河南、四川和山东的粮食生产效率相对较高。党的十九大以来,各省(区)的粮食生产效率都有了不同程度的提

升,山东、河南和青海成为粮食生产效率较高的3个省,而山西、陕西和甘肃的粮食生产效率仍然处于较低水平。具体来看,内蒙古的粮食生产效率增长幅度最大(26.02%),山西(17.98%)、甘肃(17.92%)、宁夏(15.15%)、青海(14.68%)、山东(13.33%)和陕西(7.92%)次之,河南(4.65%)和四川(4.59%)增长幅度偏低。

4 结论及政策建议

4.1 结论

为实现双碳目标和保障国家粮食安全,本文采用基于非期望产出的超效率SBM模型对黄河流域的粮食生产效率进行测算,并从空间演化特征、时间演化特征和分阶段特征进行分析,得到以下结论。

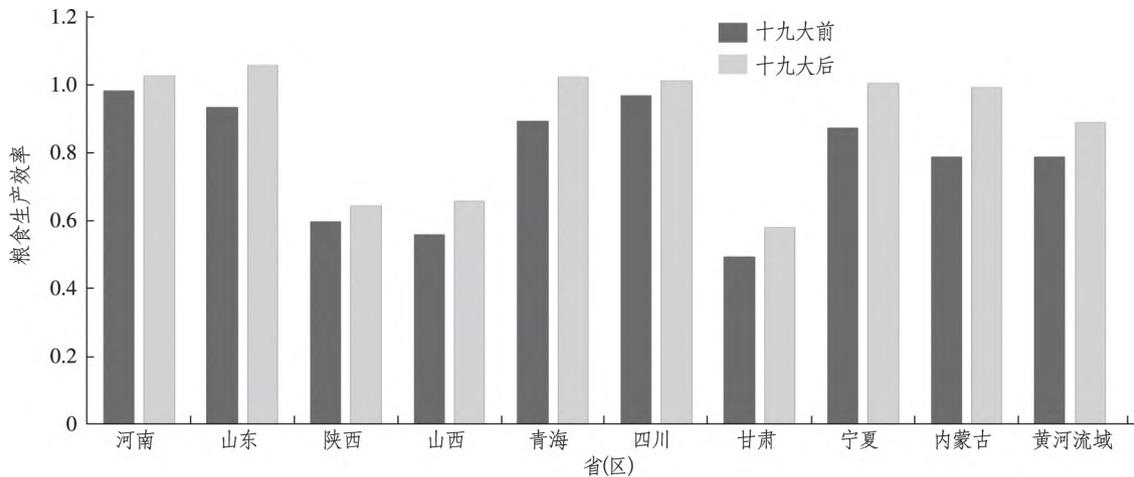


图2 中共十九大前后黄河流域各省(区)粮食生产效率比较

Fig.2 Comparisons of grain production efficiency in various provinces(regions) of the Yellow River basin before and after the 19th CPC National Congress

从空间演化特征来看,2012—2022年间,黄河流域整体粮食生产效率属于较低水平,DEA无效,且在空间上存在明显的不平衡性,由高到低依次为下游地区、上游地区、中游地区。具体到各省(区),仅河南达到DEA有效,且其粮食生产效率位于高水平,而甘肃、山西和陕西的粮食生产效率发展水平相对落后。

从时间演化特征来看,黄河流域整体的粮食生产效率在考察期内波动幅度不大,大致呈现先下降后上升的“V”型变化趋势。下游地区的粮食生产效率曲线波动幅度较大,但是其年均增长率最低,粮食产业发展速度呈现减缓趋势;中游地区粮食生产效率在考察期内较为稳定,但是年均增长率最高;上游地区粮食生产效率最不稳定,曲线波动幅度最大,年均增长率处于中等水平。

自党的十九大以来,由于深入实施藏粮于地、藏粮于技战略,加大农田水利等基础设施建设,加快推进了农业机械化,黄河流域各省(区)的粮食生产效率都有了不同程度的提升,其中内蒙古增长幅度最高,陕西和四川增长幅度最低。

4.2 建议

为促进黄河流域生态保护和高质量发展,进一步提高黄河流域粮食生产效率,本文提出如下政策建议。

1) 着重提升农业科技创新。研究结果表明,黄河流域粮食生产效率总体水平较低,主要原因在于黄河流域大部分地区生态环境脆弱,土地条件较差,因此应着重加强农业科技创新,以科技引

领农业发展。具体措施包括:充分发挥政府的主导作用,加大对于农业科技财政的支持力度,逐步提高农业科技投入占农业总产值的比例,引导支持农业科研机构、农林院校与农业企业深度融合,重点扶持种子种苗等产业,充分挖掘生产潜力、土地潜力;加快提升农业机械化水平,加紧智能装备和丘陵山地小型机械等先进农机的研发,同时也要实施农机购置补贴,有效满足农户和农业生产经营组织购置农机的资金需求,推广先进农业机械和装备的应用;壮大农业科技人才队伍,围绕粮食产业转型升级,引进和培养高水平农业科技人才和农业科技创新团队,进一步完善人才培养的体制机制,充分挖掘释放人才能源,同时也要全面提升农民素质素养,如为农民提供短期培训、职业技能培训和学历教育支持等,为推动黄河流域粮食产业发展提供坚实的人才保障。

2) 因地制宜制定发展战略。测度结果显示黄河流域粮食生产效率存在明显的区域差距,因此,应从根源上找准差距产生的原因,并根据黄河流域各区域自然禀赋的不同,因地施策。具体来说:上游地区水资源严重短缺,要进一步提高水资源利用效率,例如对大中型灌区进行现代化改造与精细化管理,将传统漫灌改进为微灌、管灌和喷灌等高效节水技术,同时水利部门要推广低耗水高效益作物种植,落实水资源取水许可证源头把控,对农业用水总量进行严格控制和定额管理;中游地区是我国经济欠发达地区,同时也是我国典型的生态环境脆弱区,要提高能源、耕地和技术的利用效率,大力推广先进机具应用的同时也要提

高农机装备补贴力度,让农民买得起用得起;下游地区粮食生产效率相对较高,经济比较发达,应大力发展现代设施农业,提高农业生产智能化、自动化水平,向着精细化、智慧化和数字化农业迈进,在技术不断创新的基础上适度发展规模生产,推进建设高标准现代种植业。此外,黄河流域应建立协同发展试点区域,促进粮食生产效率相对较高的区域向效率相对较低区域的技术扩散,优化粮食主产区之间的协同环境,促进黄河流域粮食生产协调发展。

3) 优化完善政策支撑体系。应加大对于低碳绿色农业生产过程中资金、技术投入,切实落实各项政策,将粮食生产责任落到实处。具体来说:要进一步落实以绿色生态为导向的补贴改革机制,加大在农业科研和推广、高标准农田建设和农田水利建设等方面的财政支持力度,同时将农业补贴与粮食生产减排增汇挂钩,对于开展粮食低碳生产的主体予以成本补偿,让积极开展粮食低碳生产者多得补贴;加强相关部门之间在农业面源污染防治、农业废弃物综合利用等领域的政策协调,健全农业面源污染防治的监管体系,逐步减少化肥、农药施用总量,加大对农药包装废弃物的回收处置力度以及提高农作物秸秆产业化利用率;充分发挥市场在资源配置中的决定性作用,引入碳交易机制,推动粮食产业减缓和适应气候变化的“服务性价值”外显为可交易的“产品性价值”,鼓励第三方机构针对粮食低碳生产开发“碳汇+”项目^[31],借助碳市场对开展粮食低碳生产的主体进行收入补偿。

参考文献:

- [1] 杨庆,蒋旭东,闪辉,等.长江三角洲地区农产品主产区粮食生产效率研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(8):141-148.
- [2] 伍国勇,张启楠,张凡凡.中国粮食生产效率测度及其空间溢出效应[J].经济地理,2019,39(9):207-212.
- [3] ASLAM M, HUANXUE P, SOHAIL S, et al. Assessment of major food crops production-based environmental efficiency in China, India, and Pakistan [J]. Environmental science and pollution research international, 2022, 29(7): 10091-10100.
- [4] NODIN M N, MUSTAFA Z, HUSSAIN S I, et al. Assessing rice production efficiency for food security policy planning in Malaysia: a non-parametric bootstrap data envelopment analysis approach [J]. Food Policy, 2022, 107: 102208.
- [5] 王金伟,孙洁,雷婷,等.中国粮食生产效率与旅游发展的耦合机制及时空分异[J].自然资源学报,2022,37(10):2651-2671.
- [6] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data development analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [7] 赵雯歆,罗小锋,唐林.劳动力转移对农户粮食绿色生产效率的影响:兼论技术推广的作用[J].资源科学,2023,45(7):1440-1454.
- [8] 魏丹,王雅鹏.粮食主产省粮食生产要素配置效率评价[J].统计与决策,2011(2):60-63.
- [9] 赵丽平,侯德林,王雅鹏,等.城镇化与粮食生产技术效率的互动关系研究[J].中国人口·资源与环境,2017,27(8):106-114.
- [10] 陈宝珍,任金政.粮食生产生态效率测算与改善路径[J].江苏农业学报,2019,35(1):211-218.
- [11] 黄馨亿,任向宁,马涛,等.地理探测器与Tobit模型在粤西地区粮食生产效率及影响因子分析中的比较应用[J].农业资源与环境学报,2020,37(6):818-828.
- [12] ZHANG M, CUI W K, ZHANG Y J, et al. Research on world food production efficiency and environmental sustainability based on Entropy-DEA Model [J]. Complexity, 2021(1):1-11.
- [13] 鲁庆尧,王树进,孟祥海.基于SBM模型的我国粮食生产生态效率测度与PS收敛检验[J].农村经济,2020(12):24-32.
- [14] 杨骞,司祥慧,王珏.减排增汇目标下中国粮食生产效率的测度及分布动态演进[J].自然资源学报,2022,37(3):600-615.
- [15] 项升,李豫新,江激宇.藏粮于技:基层农技推广与粮食生产技术效率:基于安徽省粮食主产区859份种植户调查数据的实证分析[J].农村经济,2023(4):114-125.
- [16] 欧阳少心.基于DEA-BCC模型的长江经济带粮食生产效率研究[J].湖北农业科学,2022,61(24):211-216.
- [17] 何悦,漆雁斌.城镇化发展对粮食生产技术效率的影响研究:基于我国13个粮食主产区的面板数据[J].中国农业资源与区划,2019,40(3):101-110.
- [18] 刘传明,范观宇,毛广雄,等.近20年淮河流域生态经济带粮食生产效率时空变化与影响因素[J].自然资源学报,2023,38(3):707-720.
- [19] 彭新宇,卜宇轩,刘子玉,等.农机服务规模经营对粮食生产效率的影响机理研究[J].财经理论与实践,2023,44(6):108-114.
- [20] 王美知,魏凤.哈萨克斯坦粮食生产效率动态演进及区域差异[J].自然资源学报,2021,36(3):594-605.

- [21] 徐依婷, 穆月英, 张哲晰. 中国粮食生产用水效率的影响因素及空间溢出效应[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2022(4): 76-89.
- [22] 张启楠, 张凡凡, 麦强, 等. 中国粮食生产效率空间溢出网络及提升路径[J]. 地理学报, 2022, 77(4): 996-1008.
- [23] 吴永清, 杜荣, 蒋辉. 中国粮食生产环境效率的时空演化特征及其影响因素分析[J]. 农业经济与管理, 2023(4): 37-47.
- [24] 闵锐, 李谷成. “两型”视角下我国粮食生产技术效率的空间分异[J]. 经济地理, 2013, 33(3): 144-149.
- [25] 李雪, 顾莉丽, 李瑞. 我国粮食主产区粮食生产生态效率评价研究[J]. 中国农机化学报, 2022, 43(2): 205-213.
- [26] 张利国, 谭笑, 肖晴川, 等. 基于气候资源投入的中国农业生态效率测度与区域差异[J]. 经济地理, 2023, 43(4): 154-163.
- [27] 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.
- [28] 宋尔英, 谢会强. 中国粮食生产生态效率的时空特征及驱动因素分析[J]. 南方农村, 2023, 39(4): 20-27.
- [29] DUBEY A, LAL R. Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India and Ohio, USA[J]. Journal of Crop Improvement, 2009, 23(4): 332-350.
- [30] 谭忠昕, 郭翔宇. 基于超效率 DEA 方法的中国粮食生产效率评价分析[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(3): 431-440.
- [31] 苏子龙, 石吉金, 周伟, 等. 国外农田土壤碳汇市场交易实践及对我国的启示[J]. 环境保护, 2022, 50(5): 63-67.

Measurement and Spatio-temporal Evolution of Grain Production Efficiency in the Yellow River Basin

CHENG Gang^{1,2}, XI Cheng¹, LI Xuhui¹

(1. School of Management Science and Engineering, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China;

2. Education College, Huainan Normal University, Huainan 232038, China)

Abstract: A super-efficiency SBM model based on non-expected output is constructed, and grain production efficiency is measured and analysed for 9 provinces(regions) in the Yellow River basin from 2012 to 2022, and the research results are as follows. 1) During the inspection period, the overall grain production efficiency in the Yellow River basin is at a relatively low level and DEA is ineffective, and there is a large space for improving grain production efficiency. 2) From the point of view of spatial evolution characteristics, there are obvious regional differences in grain production efficiency in the Yellow River basin, with grain production efficiency from high to low being in the order of downstream areas, upstream areas, and midstream areas, and Henan Province is in the leading position in terms of grain production efficiency. 3) From the perspective of time evolution characteristics, the overall grain production efficiency in the Yellow River basin shows a “V” trend. The fluctuation of grain production efficiency in the downstream areas is larger, but its average annual growth rate is the lowest; the grain production efficiency in the midstream areas is more stable with the largest average annual growth rate; the grain production efficiency in the upstream areas is the most unstable with the average annual growth rate being at a medium level. Since the 19th CPC National Congress, the grain production efficiency of all provinces(regions) in the Yellow River basin has increased to different degrees, and Inner Mongolia has the highest growth rate in grain production efficiency.

Keywords: super-efficiency SBM model; grain production efficiency; the Yellow River basin; spatio-temporal evolution

(责任编辑 顾建忠)