



## 乡村振兴背景下主产区大豆生产效率比较分析

李有宝<sup>1,2,3</sup>, 王曼曼<sup>4</sup>, 吕博<sup>2,3</sup>, 于寒松<sup>2,3</sup>

(1. 吉林农业大学 科技推广与社会服务中心, 吉林 长春 130118; 2. 吉林农业大学 食品科学与工程学院, 吉林 长春 130118; 3. 国家大豆产业技术体系加工研究室, 吉林 长春 130118; 4. 吉林农业大学 经济管理学院, 吉林 长春 130118)

**摘要:**大豆产业的振兴发展是推动乡村振兴的重要抓手,为全面分析主产区大豆的生产效率,基于提高生产效率角度,提出促进大豆产业发展,助力乡村振兴提出合理的对策建议。选取 2012—2021 年我国 10 个大豆主产区的面板数据,运用 DEA-BCC 模型和 Malmquist 指数测算主产区大豆生产效率,从静态和动态两个角度对比分析主产区大豆生产效率。结果表明:在 2013 年、2017 年和 2021 年,主产区大豆综合技术效率均值分别为 0.950、0.975 和 0.974,整体水平较高,但均未达到有效状态,仍有一定提升空间;2021 年非 DEA 有效大豆主产区存在不同程度的投入冗余和产出不足;2012—2021 年主产区大豆的全要素生产率均值为 0.988,处于负增长状态,技术进步是推动主产区大豆全要素生产率提高的关键因素。综上,提出以下建议:强化大豆产业的科技支撑和资源配置能力,推动技术进步,提高大豆纯技术效率;合理扩大种植规模,优化种植结构,完善农业基础设施,提高大豆规模效率;健全灾害防范体系,降低大豆种植灾害风险损失,提高豆农灾害处理能力。

**关键词:**大豆;生产效率;DEA-BCC;Malmquist 指数

## Comparative Analysis of Soybean Production Efficiency in the Main Production Areas in the Context of Rural Revitalization

LI Youbao<sup>1,2,3</sup>, WANG Manman<sup>4</sup>, LYU Bo<sup>2,3</sup>, YU Hansong<sup>2,3</sup>

(1. Center of Technology Promotion and Social Service, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. College of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 3. Division of Soybean Processing, Soybean Research & Development Center, Chinese Agricultural Research System, Changchun 130118, China; 4. College of Economics and Management, Changchun 130118, China)

**Abstract:** The revitalization and development of the soybean industry is an important grip to promote rural revitalization. To comprehensively analyze the production efficiency of soybean in the main producing areas, based on the perspective of improving production efficiency, we proposed reasonable countermeasures to promote the development of the soybean industry and help revitalize the countryside. This paper selected panel data of 10 main soybean-producing areas in China from 2012 to 2021, measured soybean production efficiency in main producing areas using the DEA-BCC model and Malmquist index, compared and analyzed soybean production efficiency in main producing areas from both static and dynamic perspectives. The results showed that: in 2013, 2017, and 2021, the mean values of comprehensive technical efficiency of soybean in main producing areas were 0.950, 0.975, and 0.974, respectively, with a high overall level, but none of them reached the effective state, and there is still some room for improvement; in 2021, there were different degrees of input redundancy and output deficiency in non-DEA effective soybean main producing areas; from 2012 to 2021 the average value of total factor productivity of soybean in the main producing areas was 0.988, which was in a negative state. Technological progress is a key factor to promote the improvement of total factor productivity of soybean in the main producing areas. Therefore, it is recommended as follows: strengthen the scientific and technological support and resource allocation capacity of the soybean industry, promote technological progress, and improve the pure technical efficiency of soybean; reasonably expand the planting scale, optimize the planting structure, improve agricultural infrastructure, and improve the scale efficiency of soybean; improve the disaster prevention system, reduce the risk loss of soybean planting disasters, and improve the disaster handling capacity of soybean farmers.

**Keywords:** soybean; production efficiency; DEA-BCC; Malmquist index

“仓廩实,天下安”,维护我国粮食安全是促进国民经济增长、保持社会安定、维护国家长治久安的重要保障,是一项不可或缺的使命。大豆作为重要的粮食和油料作物,在我国粮食体系中占据至关重要的地位。2023 年的“中央一号文件”明确提出“加力扩种大豆油料,深入推进大豆和油料产能提

升工程”,随后国家出台一系列稳定大豆生产的支持政策措施,由此可见,党中央、国务院高度重视大豆安全问题。然而近些年来,随着我国经济的高速发展和转型、人口增长、居民膳食结构升级,大豆、豆粕的需求量迅速增加,但是受限于国内人均耕地面积少且耕地资源分布不均匀、水资源匮乏、自然

收稿日期:2023-07-13

基金项目:吉林省教育科学规划课题(GH20130);吉林省本科高等教育教学改革立项课题(202017117)。

第一作者:李有宝(1980—),男,博士,副研究员,主要从事农业科研管理与科技成果转化。E-mail:liyoubao@163.com。

通讯作者:于寒松(1979—),男,博士,教授,主要从事大豆精深加工及综合利用领域研究。E-mail:yuhansong@163.com。

灾害频发等因素,加之大豆属于土地密集型产品、一年一熟、单位面积产量较低、生产成本高,国内大豆供需矛盾突出,自给率相对不足,且对外依存度持续高位。2014—2021 年,我国大豆自给率仅约为 15%,对外依存度高达 85% 左右<sup>[1]</sup>,可以认为目前中国的大豆供给安全直接取决于大豆进口的稳定性<sup>[2]</sup>。因此,在此背景下研究主产区大豆生产效率具有一定的现实意义。

以往关于大豆生产效率的研究,主要是针对于黑龙江省或整个东北地区开展。例如李柯逾等<sup>[3]</sup>对黑龙江省嫩江县的合作社、专业大户和普通农户 3 个经营主体的大豆生产效率进行了比较分析;姜宇博等<sup>[4]</sup>则借助 DEA (Data Envelopment Analysis) 模型分析了黑龙江省现代农机合作社的大豆生产效率;赵贵玉等<sup>[5]</sup>运用非参数的 HMB (Hicks-Moorsteen-Bjurek) 指数方法分析了黑龙江省大豆全要素生产率,发现其变化具有周期性特征。王亚楠等<sup>[6]</sup>和郭天宝等<sup>[7]</sup>分别通过随机前沿成本模型、成本无效率模型和 Malmquist 指数分析得出东北地区大豆的成本效率波动幅度较小、全要素生产率变动呈“W”式的波动变化趋势,总体下降趋势明显。也有部分学者以全国为研究区域,测算分析大豆全要素生产效率和技术效率的变化趋势、省际差异以及空间分布特征<sup>[8-11]</sup>。

现有研究利用多种 DEA 模型和随机前沿模型,以不同的大豆生产区域、生产经营主体为研究对象,测算分析大豆生产效率,相关的评价指标体系已相当成熟。但是基于静态和动态相结合的角度测算分析主产区大豆生产效率的研究较为缺乏,因此,本研究基于投入角度,利用 DEA-BCC (Data Envelopment Analysis with Banker, Chares and Cooper) 模型对 2012—2021 年 10 个大豆主产区的生产效率进行全面分析,在此基础上,引入 Malmquist

指数分析各主产区大豆生产效率的动态变化,并探究各项指数对主产区大豆生产效率的贡献程度,进而提出提高大豆生产效率、促进大豆产业发展、助力乡村振兴的对策建议。

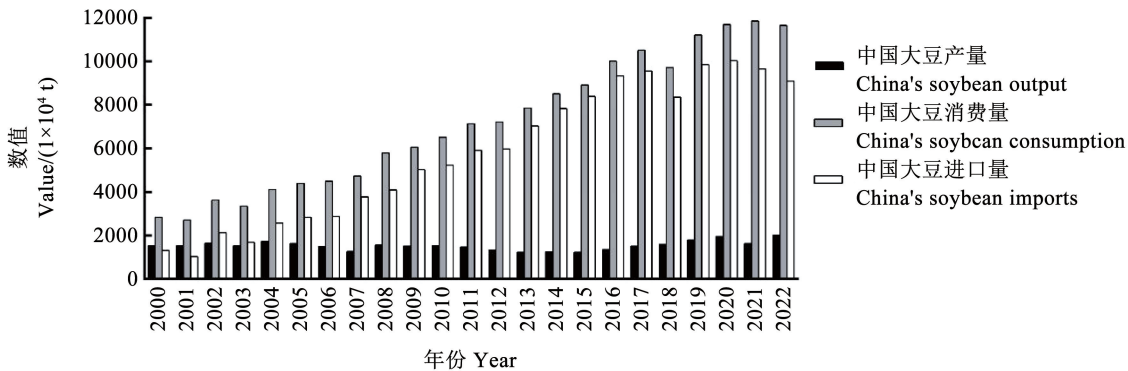
## 1 中国大豆生产基本情况

### 1.1 大豆供给情况分析

中国是大豆的起源地,至今已有 5 000 多年大豆种植历史。目前,中国有三大主要大豆生态区(种植区),分别是北方春大豆区、黄淮海夏大豆区和南方多熟制大豆区,现阶段除青海省和西藏自治区外,其他 32 个省(市、区)均有种植。其中,全国大豆产量的 80% 左右来自于东北春大豆区和黄淮海流域夏大豆区,南方多熟制大豆产区产量较低。

1995 年之前,我国大豆生产能够实现基本自给且有少量出口,但之后随着国外大豆种植技术和补贴政策体系的日益完善,国外大豆产业快速发展,我国自 1996 年转为大豆进口国,直至今日。而现阶段,国内的大豆产业受到耕地资源和大豆种植技术等因素的限制,且人们对大豆的消费需求日益增长,大豆产能无法满足庞大的需求量<sup>[12]</sup>。

如图 1 所示,2000 年以来,根据中国大豆产量可以分为 3 个阶段:2000—2004 年,大豆产量平稳增长时期;2005—2015 年,大豆产量波动下降时期,在 2017 年大豆产量仅有 1 279.34 万 t,是 21 世纪以来最低值;2016—2022 年,大豆产量逐渐回升时期<sup>[13]</sup>。2019 年“中央一号文件”提出大豆振兴计划,2020 年大豆总产量为 1 960.18 万 t,比上年增长 151 万 t,增长率为 8.3%;2022 年“中央一号文件”将“扩种大豆”列为重点工程,产能提升初见成效,年达产 2 028 万 t,比上年度增加 389 万 t,增幅达 23.7%,但仍不能满足逐年增长的大豆需求量,也未改变当前中国大豆的净进口格局。



注:数据来源:农业农村部、国家统计局。  
Note: Data source: Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Bureau of Statistics.

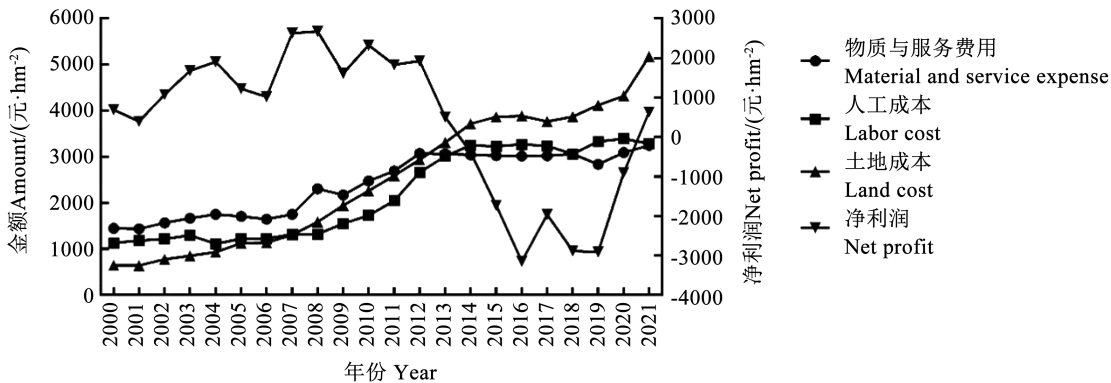
图 1 2000—2022 年中国大豆产量、进口量及消费量情况  
Fig. 1 China's soybean production, imports, and consumption from 2000 to 2022

### 1.2 大豆成本收益分析

大豆生产的成本收益作为一项关键指标,是对大豆生产效率的反映。大豆生产的投入主要包括物质与服务费用、土地成本以及人工成本3个方面。其中,物质与服务费用包含种子费、化肥费、农药费、农膜费等直接费用以及保险费、管理费、财务费、销售费等间接费用;土地成本是指流转地租金和自营地折扣;人工成本包括家庭用工折价和雇工费用两部分。

进入到21世纪,中国的大豆生产呈现出种植成本日渐增加(图2),总产量停滞不前的特征(图1)。据《全国农产品成本收益资料汇编》的统计数据,2000—2021年,我国大豆产量由1 818.0 kg·hm<sup>-2</sup>增

长到2 041.7 kg·hm<sup>-2</sup>,整体趋于稳定,波动幅度不大。但由图2不难看出,2021年较2000年中国大豆的种植成本大幅度上升,其中,物质与服务费用由2000年的1 447.1元·hm<sup>-2</sup>上涨到2021年的3 247.8元·hm<sup>-2</sup>,增幅达224.4%;人工成本由2000年的1 134元·hm<sup>-2</sup>增长到2021年的3 285.2元·hm<sup>-2</sup>,增长率为189.7%。人工成本在2010—2014年期间增长速度最快,2014年3 251.0元·hm<sup>-2</sup>的人工成本达到22年间的峰值;土地成本是3项投入中增长幅度最大的,其由2000年的647.6元·hm<sup>-2</sup>增长到5 178.5元·hm<sup>-2</sup>,2021年较2000年的增幅为699.7%。



注:数据来源:国家发展和改革委员会价格司:《全国农产品成本收益资料汇编》。

Note: Data source: National Development and Reform Commission, Department of Prices: 《National Compilation of Information on Costs and Benefits of Agricultural Products》.

图2 2000—2021年中国大豆每公顷成本收益情况  
Fig. 2 Cost-effectiveness of soybeans per hectare in China, 2000-2021

与3项种植成本相比较,大豆的净利润表现出3种态势:2000—2007年,我国大豆每公顷净利润大幅度上涨;2008—2016年,我国大豆每公顷净利润持续大幅度下降,在2014年第一次出现净利润为负的状况,2016年大豆净利润直接下降到-3 147.5元·hm<sup>-2</sup>,说明当时我国大豆投入严重过剩,冗余投入未转化为有效产出,大豆产业处于亏损状态,另外,大豆每公顷净利润为负值的现象也反映出我国大豆生产技术落后,不能满足农业现代化发展,也难以农户带来经济效益,农民种植大豆的积极性大大降低;2017年之后,大豆每公顷净利润回升,在2021年实现净利润为正,改变我国大豆净利润长期为负值的局面,这得益于大豆振兴计划等政策的实施。

## 2 研究方法

### 2.1 数据分析模型及方法

2.1.1 DEA-BCC 数据包络分析法( DEA)在1978年由美国著名运筹学家 Charnes 和 Cooper 提出,其是根据多项投入指标和多项产出指标,利用线性规划的方法,对具有可比性的同类型单位进行静态的、相对有效评价的一种数量方法<sup>[14]</sup>。数据包络分析法从投入和产出两种导向出发,可以建立规模报酬不变的 CCR( Chares, Cooper and Rho de Model)和规模报酬可变的 BCC( Banker, Chares, and Cooper Model)两种基本模型<sup>[15]</sup>。考虑到大豆属于高投入且规模报酬可变产业,本研究选取 DEA-BCC 模型评价主产区大豆的生产效率水平,其公式如下:

$$\begin{cases} \min \theta \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i + s^- = \theta X_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i - s^+ = Y_0 \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \\ \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, k \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases}$$

式中:  $\theta$  表示各决策单元大豆的生产效率水平;  $s^-$  和  $s^+$  分别表示大豆种植投入项和产出项的松弛变量;  $x_i$  和  $y_i$  分别代表第  $i$  个决策单元大豆的投入量和产出量;  $\lambda_i$  是各主产区大豆种植投入和产出的权重系数。

2.1.2 Malmquist 指数 BCC 模型仅能对某一时点的主产区大豆生产效率进行静态分析,为了更深层次探讨主产区大豆生产效率随时间推移而发生的动态变化情况,引入 Malmquist 指数对主产区大豆生产效率开展进一步研究。

Malmquist 指数最初由 Malmquist 于 1953 年提出,Caves、Christensen 和 Diewert 于 1982 年开始将这一指数应用到生产效率变化的测算,以反映生产过程中全部要素投入的综合效率水平<sup>[16]</sup>。Malmquist 指数适用于对多个决策单元进行跨期评价,可通过全要素生产率(TFP)来表示最终结果,可进一步分解为技术效率(EC)和技术进步(TC),而在规模报酬可变的假设下,技术效率(EC)又可分解为纯技术效率(PC)及规模效率(SC),其计算公式如下:

$$TFP(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) = EC(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) \times TC(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) = PC(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) \times SC(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) \times TC(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t)$$

式中:  $X_{t+1}$ 、 $Y_{t+1}$ 、 $X_t$ 、 $Y_t$  分别表示在  $t+1$  时期和  $t$  时期的投入量和产出量。其中,  $TFP > 1$  表示生产效率水平提高,  $TFP < 1$  则表示生产效率水平降低。

2.2 数据来源和指标体系构建

本研究以代表性为原则,选取内蒙古自治区、黑龙江省、吉林省、辽宁省、河北省、河南省、山东省、陕西省、安徽省、山西省 10 个大豆主产区为生产效率评价对象。另外,基于数据的可获得性与统一性,主产区大豆生产效率的测算数据均来自于《全国农产品成本收益资料汇编》以及《中国农村统计年鉴》,数据的时间跨度为 2012—2021 年,利用软件 DEAP 2.1 进行测算。

本研究以目的性、可行性、全面性、适用性以及精简性作为主产区大豆生产效率评价指标体系构建原则。考虑到主产区大豆的投入具有多样性,具体包括资本投入、劳动力投入和生产资料投入 3 个类别,因此在投入指标方面,选取主产区大豆的播种面积( $\text{hm}^2$ )、每公顷物质与服务费用( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、每公顷人工成本( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、每公顷土地成本( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )。根据产出计量方式的不同,主产区大豆的产量可以用总产量的形式表示,也可以用每公顷产量的形式表示,还可以与市场价格相结合,以产出增加的农业收入的形式来表示,每个指标又被划分为若干个子指标。本研究以经济期望产出为主要的产出指标,因此选取主产区大豆每公顷产量( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )、每公顷产值( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )为产出指标,其中主产区大豆的每公顷产值( $\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$ )包括大豆主产品产值(元)以及大豆副产品产值(元)(表 1)。

表 1 主产区大豆生产效率评价指标体系  
Table 1 Evaluation index system of soybean production efficiency in main production areas

指标类别 Indicator category	指标名称 Indicator Name	指标单位 Indicator unit
投入指标 Input indicators	播种面积	$\text{hm}^2$
	物质与服务费用	$\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$
	人工成本	$\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$
	土地成本	$\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$
产出指标 Output indicators	产量	$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$
	产值	$\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}$

表 2 反映了 2012—2021 年 10 个大豆主产区投入和产出指标的相关数据特征。在投入指标方面,从平均值来看,人工成本最高,主要原因是大豆种植需要投入大量人工,但是雇工费用日益增加。其次是土地成本,平均  $3\,340.430 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,这和我国耕地资源稀缺,大豆是土地密集型粮食作物密切相关。从标准差来看,较之于物质和服务费用,人工成本和土地成本变动程度很大,可能原因是劳动力素质的提高和相关土地政策、法律法规的颁布实施。在产出指标方面,产量的标准差是  $384.223 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,可见主产区大豆产量相对稳定;产值的标准差是  $2\,692.649 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,表明主产区大豆产值波动程度大。



表 2 主产区大豆投入和产出变量描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of soybean input and output variables in the main production areas						
变量 Variable	样本量 Sample size	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Average	标准差 Standard deviation	中位数 Median
每公顷产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )	100	2956.8	915.75	2171.771	384.223	2141.400
每公顷产值 Output/(元·hm <sup>-2</sup> )	100	16920.0	3636.15	10112.368	2692.649	9591.900
播种面积 Sown area/hm <sup>2</sup>	100	4834502.7	59940.00	627236.171	1009041.551	189143.835
每公顷物质与服务费用 Material and service fees/(元·hm <sup>-2</sup> )	100	4551.9	1934.85	3164.915	638.338	3209.850
每公顷人工成本 Labor cost/(元·hm <sup>-2</sup> )	100	8809.7	855.30	4458.174	1981.255	3989.775
每公顷土地成本 Land cost/(元·hm <sup>-2</sup> )	100	10537.80	1102.65	3340.430	1535.441	3164.625

3 实证分析

3.1 主产区大豆生产效率的静态分析

在综合技术效率方面,通过对比表 3 中各大豆主产区的综合技术效率值可以发现,2013、2017 和 2021 年综合技术效率均值分别为 0.950,0.975 和 0.974,整体水平较高,内蒙古、辽宁、河北、山东、陕西 5 个大豆主产区均达到投入产出最优水平。黑龙江省未实现 DEA 有效的主要原因是规模效率低,近些年黑龙江省大豆种植规模不断扩大,但是规模效益降低,表明该省大豆产业种植结构不合理。吉林省和山西省在 3 个年份中均未达到投入产出最优水平,一方面是因为大豆规模化经营程度低,另一方面是由于大豆产业的管理和技术水平有限。河南省在 2013 年和 2017 年纯技术效率为 1,综合技术效率却小于 1,是受到规模效率低的影响,需要进一步扩大大豆的种植规模,以实现最优状态。

从纯技术效率角度分析,对表 3 中各大豆主产区的纯技术效率值进行比较,2013、2017 和 2021 年内蒙古、辽宁、河北、河南、山东和陕西 6 个大豆主产区的纯技术效率值均达到 1。2013 年的纯技术效率值最低者是黑龙江省,和 2013 年的综合技术效率值最低者保持一致,表明黑龙江省大豆的纯技术效率对综合技术效率影响较大;而 2017 年和 2021 年纯

技术效率值最低者都是吉林省,可见吉林省需增加科研投入,进一步提高大豆生产技术水平。另外,3 个年份的纯技术效率平均值都为 0.993,均未实现有效,但是每年都有 7~8 个大豆主产区的纯技术效率值为 1,表明这些年来大豆生产技术得到普及推广并取得一定成就。

基于规模效率视角分析,比较各大豆主产区的规模效率值:2013 年,内蒙古、辽宁、河北、山东、山西的规模效率值均是 1,与该年份综合技术效率值为 1 的省份保持一致,最低值为安徽省的 0.869;2017 年,内蒙古、黑龙江、辽宁、河北、山东、陕西和安徽 7 个大豆主产区的规模效率实现有效,山西是 0.889,为该年规模效率值最低者;2021 年,内蒙古、辽宁、河北、河南、山东、陕西和安徽的规模效率值均达到 1,有效个数与 2017 年相同,规模效率值最低者仍是山西,为 0.821(表 3)。3 年中,有 2 年的规模效率值最低者均为山西,主要原因是当地大豆种植多以散户为主,劳动力不足,而且自国家发布《大豆振兴计划》([http://www.moa.gov.cn/nyhgb/2019/0201903/201905/t20190525\\_6315395.htm](http://www.moa.gov.cn/nyhgb/2019/0201903/201905/t20190525_6315395.htm))以来,大部分省份实施大豆种植相关政策,补贴豆农,以提高大豆种植户的积极性、扩大大豆种植面积,但 2023 年以前山西省在政策支持方面为空白<sup>[17]</sup>,该双重因素作用下山西省的大豆生产规模较小。

表 3 主产区大豆部分年份生产效率值

Table 3 Production efficiency values of soybean in some years in the main production areas

省份 Province	综合技术效率			纯技术效率			规模效率		
	Comprehensive technical efficiency			Pure technical efficiency			Scale efficiency		
	2013	2017	2021	2013	2017	2021	2013	2017	2021
内蒙古 Inner Mongolia	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
黑龙江 Heilongjiang	0.838	1.000	0.993	0.960	1.000	0.998	0.873	1.000	0.993
吉林 Jilin	0.961	0.919	0.924	0.967	0.948	0.959	0.993	0.991	0.924
辽宁 Liaoning	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
河北 Hebei	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
河南 He'nan	0.941	0.988	1.000	1.000	1.000	1.000	0.941	0.988	1.000
山东 Shandong	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
陕西 Shaanxi	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
安徽 Anhui	0.869	0.870	1.000	1.000	0.981	1.000	0.869	1.000	1.000
山西 Shanxi	0.891	0.973	0.821	1.000	0.998	0.975	0.891	0.889	0.821
平均值 Average	0.950	0.975	0.974	0.993	0.993	0.993	0.957	0.988	0.974

对未实现 DEA 有效的大豆主产区进行投入产出冗余分析。选取 2021 年综合技术效率、纯技术效率、规模效率均无效的地区进行大豆生产的投入产出冗余分析,采用软件 DEAP 2.1 测算各大豆主产区投入、产出的冗余值,具体结果如表 4 所示。从表中可以看出,2021 年非 DEA 有效的大豆主产区均存在不同程度的投入冗余和产出不足。从投入指标角度出发,黑龙江、吉林、山西 3 省在大豆播种面积、每公顷物质与服务费用、每公顷人工成本和每公顷土地成本都存在投入冗余。大豆播种面积和每公顷土地成本投入冗余值最大的都是黑龙江省,

为 3 288 473. 806 hm<sup>2</sup>和 3 182. 746 元,可见不能盲目扩大生产规模,要更加重视大豆单产问题;每公顷物质与服务费用、每公顷人工成本投入冗余量最大的则均是山西省,分别为 1 079. 553 元·hm<sup>-2</sup>和 559. 149 元·hm<sup>-2</sup>。在产出指标方面,黑龙江、吉林和山西在大豆每公顷产值方面均存在产出不足,吉林和山西大豆每公顷产值的产出不足量相对较高,分别为 684. 695 和 865. 695 元·hm<sup>-2</sup>;吉林省在大豆每公顷产量的产出不足值则排在第一位,为 221. 355 kg·hm<sup>-2</sup>。

表 4 2021 年非 DEA 有效地区投入产出指标调整结果

Table 4 Adjustment results of input-output indicators for non-DEA effective regions in 2021

省份 Province	指标 Index	原始值 Original value	投入冗余值	产出不足值	达到 DEA 有效 的目标值
			Input redundancy value	Insufficient output value	Reaching the target value of DEA effectiveness
黑龙江 Heilongjiang	每公顷产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	2139.000	0.000	0.000	2139.000
	每公顷产值/(元·hm <sup>-2</sup> )	12440.000	0.000	564.240	13004.240
	播种面积/hm <sup>2</sup>	3887747.000	-9345.476	-3279128.330	599273.194
	每公顷物质与服务费用/(元·hm <sup>-2</sup> )	3463.000	-8.324	0.000	3454.676
	每公顷人工成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	2586.000	-6.216	0.000	2579.784
	每公顷土地成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	6916.000	-16.625	-3166.121	3733.254
	每公顷产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	2243.000	0.000	221.355	2464.355
吉林 Jilin	每公顷产值/(元·hm <sup>-2</sup> )	13518.000	0.000	684.695	14202.695
	播种面积/hm <sup>2</sup>	252740.000	-10419.506	0.000	242320.494
	每公顷物质与服务费用/(元·hm <sup>-2</sup> )	3785.000	-156.041	0.000	3628.959
	每公顷人工成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	3932.000	-162.101	0.000	3769.899
	每公顷土地成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	4964.000	-204.647	-718.463	4040.890

表 4(续)

省份 Province	指标 Index	原始值 Original value	投入冗余值 Input redundancy value	产出不足值 Insufficient output value	达到 DEA 有效的目标值 Reaching the target value of DEA effectiveness
山西 Shanxi	每公顷产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	1971.000	0.000	81.794	2052.794
	每公顷产值/(元·hm <sup>-2</sup> )	8517.000	0.000	865.695	9382.695
	播种面积/hm <sup>2</sup>	137400.000	-10766.122	0.000	126633.878
	每公顷物质与服务费用/(元·hm <sup>-2</sup> )	3828.000	-299.947	-779.606	2748.447
	每公顷人工成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	7136.000	-559.149	0.000	6576.851
	每公顷土地成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	1725.000	-135.164	0.000	1589.836

3.2 主产区大豆生产效率的变化趋势分析

基于规模报酬可变假设,使用 DEAP 2.1 软件对 2012—2021 年主产区大豆的全要素生产率指数及其分解情况进行测算,从而研究主产区大豆生产效率的动态变化特征。

3.2.1 基于时间角度的主产区大豆生产效率分析

由表 5 可知,2012—2021 年主产区大豆的平均全要素生产率为 0.988,增长率是 -0.2%,技术效率、技术进步、纯技术效率的平均增长率分别是 -0.10%、-0.11% 和 -0.10%,都处于负增长状态;规模效率

变化的平均值为 1,整体处于规模报酬不变状态。通过观察各个时间段,主产区大豆的全要素生产率仅在 2016—2017 年、2019—2020 年、2020—2021 年大于 1,呈现正增长态势,这主要得益于主产区大豆的技术进步;在 2014—2015 年、2015—2016 年两个时间段的技术效率、纯技术效率和规模效率均呈现正增长态势,然而由于两个时间段 0.48% 和 0.88% 的技术退步,主产区大豆的全要素生产率为负增长态势,由此可见技术进步是推动主产区大豆全要素生产率增长的主要源泉。

表 5 2012—2021 年主产区大豆生产效率分年 Malmquist 指数及分解

Table 5 Malmquist index and decomposition of soybean production efficiency by year in the main production areas of 2012 - 2021

年份 Year	技术效率指数 Technical efficiency index	技术进步指数 Technical progress index	纯技术效率指数 Pure technical efficiency index	规模效率指数 Scale efficiency index	全要素生产率 Total factor productivity
2012—2013	0.975	0.934	0.993	0.983	0.911
2013—2014	0.965	0.952	0.993	0.972	0.918
2014—2015	1.071	0.912	1.007	1.064	0.977
2015—2016	1.011	0.941	1.004	1.007	0.952
2016—2017	0.983	1.091	0.997	0.986	1.072
2017—2018	0.990	0.910	0.996	0.995	0.901
2018—2019	0.981	1.008	0.987	0.993	0.989
2019—2020	0.986	1.068	1.017	0.970	1.053
2020—2021	1.035	1.113	1.001	1.034	1.152
平均 Average	0.999	0.989	0.999	1.000	0.988

3.2.2 基于空间角度的主产区大豆生产效率分析

2012—2021 年主产区大豆全要素生产率(TFP)及其分解情况如表 6 所示。从整体来看,2012—2021 年主产区大豆全要素生产效率平均值是 0.988,处于下降趋势。从各主产区的全要素生产率来看,2012—2021 年河北省的全要素生产率的增长率最高,实现 1.2% 的增长,这主要是源于河北省

0.5% 的技术效率增长和 0.7% 的技术进步;其次是内蒙古,全要素生产率增长了 0.1%,依旧是由于技术进步(0.1%);河南省则因为技术效率提高了 2.7%,削弱了技术退步(2.6%)产生的影响,全要素生产率为 1,处于不变状态,其余 7 个主产区在大豆生产技术的推广应用方面存在不同程度的退步,全要素生产率均小于 1,呈负增长趋势。从各项分

解指数来看,技术进步指数下降最快,变化率是-0.11%,说明主产区大豆生产效率的提高主要依赖于技术进步。从技术效率的分解情况来看,纯技术效

率指数的变化出现衰退现象(-0.01%),主要由于吉林省和山西省的纯技术效率指数下降导致,而各主产区的规模效率指数变化的平均增长率是0%。

表 6 2012—2021 年主产区大豆生产效率 Malmquist 指数及分解

Table 6 Malmquist index and decomposition of soybean production efficiency in main production areas of 2012 – 2021					
省份 Province	技术效率指数 Technical efficiency index	技术进步指数 Technical progress index	纯技术效率指数 Pure technical efficiency index	规模效率指数 Scale efficiency index	全要素生产率 Total factor productivity
内蒙古 Inner Mongolia	1.000	1.001	1.000	1.000	1.001
黑龙江 Heilongjiang	0.999	0.993	1.000	0.999	0.992
吉林 Jilin	0.987	0.989	0.995	0.991	0.976
辽宁 Liaoning	1.000	0.986	1.000	1.000	0.986
河北 Hebei	1.005	1.007	1.000	1.005	1.012
河南 He’nan	1.027	0.974	1.000	1.027	1.000
山东 Shandong	1.000	0.984	1.000	1.000	0.984
陕西 Shaanxi	1.000	0.984	1.000	1.000	0.984
安徽 Anhui	1.000	0.990	1.000	1.000	0.990
山西 Shanxi	0.976	0.985	0.997	0.978	0.961
平均 Average	0.999	0.989	0.999	1.000	0.988

4 结论和建议

4.1 研究结论

本研究选取 2012—2021 年 10 个大豆主产区投入产出数据,运用 DEA 模型和 Malmquist 指数对主产区大豆的生产效率开展研究,并对 2021 年非 DEA 有效地区进行冗余分析,得出以下结论:

静态分析结果:在 2013 年、2017 年和 2021 年,主产区大豆综合技术效率均值分别为 0.950、0.975 和 0.974,整体水平较高,但均未达到有效状态;内蒙古、辽宁、河北、山东和陕西 5 个大豆主产区均达到投入产出最优水平,其余大豆主产区未实现有效状态。另外,2021 年非 DEA 有效的大豆主产区由于资源禀赋和政策等因素,存在不同程度的投入冗余和产出不足。在投入方面,黑龙江省的每公顷人工成本投入过多,且大豆播种面积的不断扩大造成规模效益递减;在产出方面,黑龙江、吉林和山西 3 个省份均出现每公顷产值产出不足情况,吉林省在每公顷产量方面的产出不足量也相对较高。

动态分析结果:时间角度方面,2012—2021 年主产区大豆的全要素生产率均值为 0.988,处于负增长状态,技术进步是推动主产区大豆全要素生产率提高的关键因素。空间角度方面,2012—2021 年河北省的全要素生产率的增长率最高,山西省则为最低;内蒙古、黑龙江、河北、河南和安徽的增长率超过大豆主产区平均水平,主要集中在我国东北地区 and 黄淮海流域。

4.2 对策建议

基于以上研究结果和提高大豆生产效率、推动大豆产业发展、助力乡村振兴的研究目标,本文提出如下对策建议:

强化大豆产业的科技支撑和资源配置能力,推动技术进步,提高大豆纯技术效率。当前在耕地数量和质量不同程度下降、水资源日益稀缺以及劳动力成本日益提高的背景下,大豆生产需依靠科技进步<sup>[18]</sup>。目前需增加科研投入,借助大数据、云计算等高新技术提高大豆生产机械装备水平,转变大豆生产经营方式,推动大豆生产的信息化、智能化,同时合理配置资源,降低投入冗余量,助力大豆产业的可持续健康发展。

合理扩大种植规模,优化种植结构,完善农业基础设施,提高大豆规模效率<sup>[19]</sup>。规模效率提高的基础条件是扩大规模,规模化经营会降低生产成本、增加收益,对于大豆规模化经营度低的地区要寻找土地流转新方式,加快土地流转速度,培育壮大新型农业经营主体。但也要避免规模持续扩大而规模效益降低的情况,因此还需借鉴国际大豆主产区先进的种植理念,并结合国内实际情况,优化大豆的种植结构。其次,大豆产业的健康发展需要农业基础设施的完善,政府应提高农业基础的投入和改进力度。

健全灾害防范体系,降低大豆种植灾害风险损失,提高豆农灾害处理能力<sup>[20]</sup>。自然灾害防范体系



与农业生产活动息息相关,目前我国自然灾害频发,但其防范预警体系尚待完善,且大豆种植户仍主要参考天气预报防范自然灾害,防控时间紧张,因此需在现有灾害防范体系的基础上,借助农业科研提高灾害预警和防范能力。另外,需扩大农业保险普及度,以保护大豆农户的种植收益,降低大豆种植灾害风险损失。

参考文献

[1] 李维刚, 张晓东, 宋继华, 等. 我国大豆生产波动动因分析: 基于省际面板模型的实证研究[J]. 农业经济与管理, 2023 (2): 48-63. (LI W G, ZHANG X D, SONG J H, et al. Analysis on motivation of soybean production fluctuation in China—An empirical study based on inter provincial panel model [J]. Agricultural Economics and Management, 2023(2): 48-63. )

[2] 汤碧, 李妙晨. 后疫情时代我国大豆进口稳定性及产业发展研究[J]. 农业经济问题, 2022, 43(10): 123-132. (TANG B, LI M C. China's soybean import stability and industrial development in the post-covid era [J]. Issues in Agricultural Economy, 2022, 43(10): 123-132. )

[3] 李柯逾, 胡志全, 侯丽薇. 黑龙江省嫩江县不同经营主体大豆生产效率比较[J]. 农业经济, 2018(1): 18-20. (LI K Y, HU Z Q, HOU L W. Comparison of soybean production efficiency of different management entities in Nenjiang County, Heilongjiang Province[J]. Agricultural Economy, 2018(1): 18-20. )

[4] 姜宇博, 李爽. 黑龙江省现代农机合作社大豆生产效率研究[J]. 大豆科学, 2016, 35(6): 1018-1024. (JIANG Y B, LI S. Research on soybean production efficiency of agricultural machinery cooperative in Heilongjiang Province [J]. Soybean Science, 2016, 35(6): 1018-1024. )

[5] 赵贵玉, 张越杰. 黑龙江省大豆生产效率研究[J]. 吉林农业大学学报, 2009, 31(3): 350-354. (ZHAO G Y, ZHANG Y J. A study on soybean productivity in Heilongjiang Province [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2009, 31(3): 350-354. )

[6] 王亚楠, 吕杰. 东北地区玉米和大豆生产成本效率的区域差异及影响因素[J]. 农业经济, 2020(3): 12-14. (WANG Y N, LYU J. Regional differences and influencing factors of corn and soybean production cost efficiency in Northeast China [J]. Agricultural Economy, 2020(3): 12-14. )

[7] 郭天宝, 李根, 杨天红. 东北大豆生产效率分析[J]. 税务与经济, 2015 (3): 64-70. (GUO T B, LI G, YANG T H. Analysis of production efficiency of northeastern soybean [J]. Taxation and Economy, 2015(3): 64-70. )

[8] 余建斌, 乔娟, 龚崇高. 中国大豆生产的技术进步和技术效率分析[J]. 农业技术经济, 2007(4): 41-47. (YU J B, QIAO J, GONG C G. Analysis on technical progress and technical efficiency of soybean production in China [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2007(4): 41-47. )

[9] 王怀明, 尼楚君, 徐锐钊. 中国大豆生产效率变动及收敛性分析[J]. 江苏农业学报, 2011, 27(1): 199-203. (WANG H M, NI C J, XU R Z. Analysis of change and convergence of soybean productivity in China[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2011, 27(1): 199-203. )

[10] 司伟, 王济民. 中国大豆生产全要素生产率及其变化[J]. 中国农村经济, 2011 (10): 16-25. (SI W, WANG J M. Total factor productivity of soybean production in China and its changes [J]. Chinese Rural Economy, 2011(10): 16-25. )

[11] 夏佳佳, 郭萍, 余康. 我国大豆全要素生产率增长的变动与分解: 基于 Hicks-Moorsteen TFP 指数的研究[J]. 南方农业学报, 2015, 46(5): 917-921. (XIA J J, GUO P, YU K. Change and decomposition of soybean's total factor productivity growth in China—Based on Hicks-Moorsteen TFP index [J]. Journal of Southern Agriculture, 2015, 46(5): 917-921. )

[12] 杨辉, 林嘉柏, 林佳. 外生冲击下中国大豆产业安全: 现状、挑战与机遇[J]. 大豆科学, 2022, 41(3): 352-357. (YANG H, LIN J B, LIN J. Analysis of China's soybean industry safety under exogenous impact: Current situation, challenges and opportunities[J]. Soybean Science, 2022, 41(3): 352-357. )

[13] 刘璐璐, 李建飞, 舒跃, 等. 我国大豆生产消费现状及提升自给率策略[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(2): 242-248. (LIU L L, LI J F, SHU Y, et al. Current situation of soybean production and consumption in China and strategies to improve self-sufficiency rate [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2022, 44(2): 242-248. )

[14] 吴传清, 黄磊, 文传浩. 长江经济带技术创新效率及其影响因素研究[J]. 中国软科学, 2017(5): 160-170. (WU C Q, HUANG L, WEN C H. Research on the technical innovation efficiency and its influence factors of the Yangtze economic belt [J]. China Soft Science, 2017(5): 160-170. )

[15] 李航飞. 基于数据包络分析的我国农业生产效率区域差异分析[J]. 科技管理研究, 2020, 40(1): 59-66. (LI H F. Regional difference analysis of agricultural technology production efficiency in China based on data envelopment analysis [J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(1): 59-66. )

[16] 许波, 卢召艳, 杨胜苏, 等. 湖南省农业生产效率演变与影响因素[J]. 经济地理, 2022, 42(3): 141-149. Spatio-temporal evolution pattern and influencing factors of agricultural production efficiency in Hunan province[J]. Economic Geography, 2022, 42(3): 141-149. )

[17] 张蕾, 韩小英, 乔月. 山西省大豆产业存在的困境及对策研究: 以寿阳县为例[J]. 天津农业科学, 2021, 27(5): 56-60, 76. (ZHANG L, HAN X Y, QIAO Y. Study on dilemma and way out of soybean in Shanxi: Take Shouyang County as an example [J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2021, 27(5): 56-60, 76. )

[18] 张晓艳, 王飞翔, 白林红, 等. 山东省粮食生产效率与安全对策研究[J]. 山东农业科学, 2023, 55(4): 155-162. (ZHANG X Y, WANG F X, BAI L H, et al. Study on production efficiency and security countermeasures of grain in Shandong province [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2023, 55(4): 155-162. )

[19] 魏宏岩. 黑龙江大豆产业生产效率评价[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2012. (WEI H Y. The efficiency evaluation of soybean industry production in Heilongjiang [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2012. )

[20] 张豪豪. 大豆主产区生产效率及影响因素分析[D]. 昆明: 云南大学, 2020. (ZHANG H H. Research of production efficiency and influencing factors in main soybean production areas [D]. Kunming: Yunnan University, 2020. )