

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.04.028

张宸熙, 商燕, 奥布力·塔力普. 基于 DEA-Malmquist 方法的新疆与全国小麦主产区生产效率动态比较研究[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(4): 227-234.

ZHANG C X, SHANG Y, AO BULI·Talipu. Comparative study on the dynamics of production efficiency between Xinjiang and the main wheat-producing areas in China based on the DEA-malmquist[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(4): 227-234.

基于 DEA-Malmquist 方法的新疆 与全国小麦主产区生产效率 动态比较研究

张宸熙¹, 商燕¹, 奥布力·塔力普^{1,2}✉

(1. 新疆师范大学 商学院, 新疆 乌鲁木齐 830017;

2. 丝绸之路经济带核心区产业高质量发展研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830017)

摘要: 基于 2004—2021 年我国十大小麦主产区和新疆小麦的成本收益数据, 运用数据包络分析模型 (DEA) 和全要素生产率指数 (Malmquist)、从地域横向和时间纵向上分析了新疆小麦全要素生产率的现状及存在的问题。研究结果发现: (1) 规模效率、综合技术效率和纯技术效率在两个阶段上显著, 新疆小麦生产效率主要受技术水平制约。(2) 新疆小麦全要素生产率在整体上处于增长趋势, 技术进步是影响全要素生产率的主要因素。(3) 新疆小麦生产在纯技术效率和技术进步方面均优于主产区平均水平, 规模效率则还有较大进步空间。由此进一步优化生产规模并促进技术水平的提升对于新疆小麦生产效率的增长具有重要作用。

关键词: 全要素生产率; 数据包络分析; 新疆小麦; Malmquist 指数; 粮食生产

中图分类号: F327 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)04-0227-08

网络首发时间: 2024-07-02 11:33:10

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.ts.20240701.1536.012>

Comparative Study on the Dynamics of Production Efficiency Between Xinjiang and the Main Wheat-producing Areas in China Based on the DEA-Malmquist

ZHANG Chen-xi¹, SHANG Yan¹, AO BULI·Talipu^{1,2}✉

(1. College of the Business, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830017, China;

2. Research Center for High Quality Industrial Development in the Core Area of the Silk Road Economic Belt, Urumqi, Xinjiang 830017, China)

Abstract: Based on the cost-benefit data of Chinese top ten major wheat-producing areas and Xinjiang wheat from 2004 to 2021, the data envelopment analysis model (DEA) and the total factor productivity index

收稿日期: 2024-01-01

基金项目: 国家社科基金项目 (22XJY037); 新疆维吾尔自治区大学生创新创业项目 (S202310762007)

Supported by: National Social Science Foundation of China (No. 22XJY037); College Student Innovation and Entrepreneurship Project (No. S202310762007)

作者简介: 张宸熙, 男, 2003 年出生, 在读本科生, 研究方向为产业经济学。E-mail: 2281772232@qq.com

通信作者: 奥布力·塔力普, 男, 1981 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为产业经济学和空间经济学。E-mail: 846825572@qq.com

(Malmquist) were used to analyze the overall wheat production, the current situation and existing problems of factor productivity in Xinjiang from a regional and temporal perspective. The research results found that: (1) Scale efficiency, comprehensive technical efficiency and pure technical efficiency were significant in two stages, and Xinjiang wheat production efficiency was mainly restricted by technical level. (2) The total factor productivity of wheat in Xinjiang was on an overall growth trend, and technological progress was the main factor affecting total factor productivity. (3) The technical progress and pure technical efficiency of wheat production in Xinjiang were better than the average level of the main producing areas, and the scale efficiency still has great room for improvement. Therefore, further optimizing the production scale of Xinjiang's wheat output and promoting the improvement of technological level will be of great significance to the growth of Xinjiang's wheat total factor productivity.

Key words: Total Factor Productivity (TFP); Data Envelopment Analysis (DEA); Xinjiang wheat; Malmquist; grain production

在全球粮食安全大背景下, 各国地缘政治冲突、耕地面积减少所导致产量下降, 以及各类气候灾害加剧了小麦危机, 而据统计世界上有超过 40% 的人口以小麦为主食。因此提高小麦的生产效率以保障小麦充足供应是当前亟待解决的问题之一。小麦作为我国重要的粮食作物之一, 其生产关乎人民的粮食安全和社会稳定^[1]。习近平总书记强调“粮食安全是国之大者”, 在粮食安全这个问题上不能有丝毫的麻痹大意, 要始终绷紧粮食安全这根弦^[2]。多年来我国小麦的生产一直面临资源和环境的约束使得小麦的种植面积难以保持稳定, 全球变暖加剧、恶劣天气增多影响了处于生长期的小麦。部分地区水资源短缺、地下水严重超采、灌溉水亩成本提升、使小麦的种植面积下降。2023 年, 新疆全区耕地保有量 8 331.71 万 hm^2 , 高于国家下达任务 431.71 万 hm^2 , 制种小麦 140 万 hm^2 、产量 54 万 t。据国家统计局 2023 年夏粮公告数据显示, 新疆夏粮面积 (主要是小麦) 共计 1 816.4 万 hm^2 , 较上年增加 79.2 万 hm^2 , 占全国夏粮增加面积的 67.2%, 面积增量居全国第一。新疆占据着独特的自然资源和地理位置优势, 水土资源丰富, 基础条件较好、生产潜力大^[3], 并且是我国小麦生产和消费的主要地带。小麦作为新疆的第一大粮食作物, 其有效生产和供给对于新疆乃至全国的小麦粮食安全都发挥着至关重要的作用。

目前学者对小麦全要素生产率进行了深入研

究, 从不同角度探讨了影响小麦生产效率的因素及其提升途径。Gan 等发现采用替代耕作方法能有效减少春小麦的碳足迹, 有效提升了小麦的绿色全要素生产率^[4]。陈书章等对小麦主产区的综合技术效率进行了测算, 通过径向调整和松弛调整发现我国小麦主产区生产综合技术效率和规模效率具有较高水平, 但仍有一定的提升空间^[5]。马惠兰等分析 2004—2013 年新疆各地州小麦的单要素生产率, 发现各地区之间小麦的生产效率存在差异, 技术效率阻碍了生产效率的提高^[6]。高鸣用 EBM 模型和 GML 指数来分析河南省 2003—2014 年小麦生产率的变化, 发现改进小麦生产技术会影响小麦生产率^[7]。李辉尚等分析了 2006—2015 年我国小麦主产区生产效率的时空演变特征, 表明全要素生产率的增长受到技术进步的制约, 黄淮海小麦优势区的生产效率存在较为显著且稳定的空间正相关关系^[8]。王雪丽等分析了 2007—2020 年黄河流域小麦全要素生产率的时序特征和空间差异, 得出技术进步是影响黄河流域小麦生产效率低不稳定的原因^[9]。孙晓宇等对中国 13 个小麦主产区的小麦生产效率进行静态分析和动态研究, 发现中国小麦主产区普遍存在管理水平低下、创新科技水平应用程度较低以及小麦种植规模未达到最优等问题^[10]。

综上所述, 学者关于各地区小麦全要素生产率的研究成果颇多, 大多以省份或以国家为单位进行研究, 但目前关于研究十大小麦优势主产区

和新疆小麦的全要素生产率的对比研究较少，且研究多局限于某一地区，缺乏地区之间的关联性探讨。本文主要通过 DEA-Malmquist 模型论述新疆小麦的生产效率变化，DEA-Malmquist 模型是一种动态分析方法，通过本期到下期生产率的变化，测算全要素生产率指数 (tfpch)，并探究新疆小麦生产效率特点与提高途径，对小麦生产要素资源配置提出合理建议，以期新疆小麦生产效率的提升提供参考。

1 理论模型及数据来源

1.1 DEA 模型

数据包络分析 (data envelopment analysis) 简称 DEA，是数学、运筹学、数理经济学和管理科学的一个新的交叉领域，它是由 A.Charnes 和 W.W.Cooper 等于 1978 年开始创建的，该方法是评价多投入多产出的生产有效性的方法，不受非期望产出的影响。DEA 已被广泛用于技术创新^[11]、生产力提高^[12]和资源最优分配^[13-14]的衡量。

1.1.1 C²R 模型的建立

假设有 n 个被评价对象 (一般称为决策单元, DMU)，C²R 线性规划模型表述如下：

$$\max \mu^T Y_0 \tag{1}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \omega^T X_j - \mu^T Y_j \geq 0, j=1,2,\dots,n \\ \omega^T X_0 = 1 \\ \omega \geq \varepsilon e_1, \mu \geq \varepsilon e_0 \end{cases} \tag{2}$$

式中, X_j 和 Y_j 分别为第 j 个决策单元 (DMU_j) 的投入和产出变量, ω^T 和 μ^T 分别表示投入和产出的权重, C²R 模型是在规模报酬不变的情况下, 通过缩小被评价决策单元投入数据的方式实现自我效率的最大化。上述模型的对偶模型表述如下：

$$\min \theta_c \tag{3}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta_c X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \leq Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n \end{cases} \tag{4}$$

式中, θ_c 为一个标量, 代表在规模报酬不变的情况下的技术效率, θ_c 取值为 [0,1], 当 $\theta_c=1$ 时, 代表被评价决策单元有效, 当 $0 < \theta_c < 1$ 时, 代表被评价决策单元为弱有效, 当 $\theta_c=0$ 时, 代表被评价决策单元为无效。

1.1.2 BC² 模型的建立

BC² 模型假定决策单元的规模收益是可变的, 它的线性规划对偶模型表述如下：

$$\min \theta_v \tag{5}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta_v X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1,2,\dots,n, \theta \in E^1 \end{cases} \tag{6}$$

式中, θ_v 代表在规模报酬可变假设下的技术效率, θ_v 的取值在 0~1 之间, 其它变量含义与 C²R 模型中相同。

1.1.3 技术效率与规模效率

通过分别运算规模报酬不变 (C²R) 和规模报酬可变 (BC²) 的 DEA 模型得到综合技术效率和纯技术效率, 当综合技术效率为 1 时, 说明小麦生产达到技术有效性, 即在小麦生产规模和生产要素组合比率不变的条件下, 小麦生产技术和经营管理水平得到充分发挥, 生产要素资源得到充分利用^[15]。

1.1.4 Malmquist 指数

Malmquist 是一种动态效率分析方法, 通过本期到下期生产率的变化, 测算 Malmquist 全要素生产率指数。全要素生产率 (TFP) 通常被用来衡量生产效率。与其他方法相比, TFP 衡量的是技术进步对经济增长的贡献, 而不受土地、资本、劳动力和其他传统因素的影响^[16]。

$$MI_{RD} = \left[\frac{D_C^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_C^t(x_0^t, y_0^t)} \right] \cdot \left[\frac{D_C^t(x_0^t, y_0^t)}{D_C^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \times \frac{D_C^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D_C^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \right] \tag{7}$$

Malmquist 指数可分解为三部分, 分别是技术

变化 (TECH)、纯技术效率变化 (PECH) 和规模效率变化 (SECH)。

1.2 聚类分析

聚类分析是将数据按“距离”进行分类，确保组内差距小，组间差距大。聚类分析方法应用于分类数据集中的个体或观测对象划分为具有相似性的组，使得组内的成员之间的相似性较高，而组间的相似性较低，本文使用欧氏距离的计算方法^[17]，其计算方法如下：

$$d(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad \text{式 (8)}$$

其中， X 和 Y 分别表示两个个体或观测对象， X_i 和 Y_i 是它们在第 i 个维度上的坐标。

1.3 数据来源和指标选取

本研究利用 2004—2021 年中国小麦主产区（河北、山西、内蒙古、黑龙江、江苏、安徽、山东、河南、湖北、陕西）及新疆维吾尔自治区小麦的成本和收益数据，其数据均来自于《全国农产品成本收益资料汇编》。在指标的选择上，所选投入-产出指标详见表 1，其中直接费用为可直接计入小麦生产的物质费用，间接费用为与两种以上作物有关且需要经过分摊才能计入成本的各项费用。投入产出相关指标描述如表 1 所示。

表 1 小麦生产效率投入产出指标

Table 1 Input-output indicators of wheat production efficiency

指标类型	指标构成	指标性质	指标说明
投入	单位面积生产直接费用	直接费用投入/(元/亩)	每亩可直接计入小麦投入的物质费用
	单位面积生产间接费用	间接费用投入/(元/亩)	每亩需经分摊再计入小麦投入的物质费用
	单位面积人工成本	人工投入/(元/亩)	每亩的家庭用工折价和雇工费用
	单位面积种子用量	种子投入/(千克/亩)	每亩种子投入量
	单位面积化肥费用	化肥投入/(元/亩)	每亩化肥费和农家肥费
产出	单位面积总产量	实物产出量/(千克/亩)	每亩实际收获量
	单位面积总产值	实物价值产出/(元/亩)	每亩实际收获量与价格乘积

2 新疆小麦生产效率实证分析

2.1 新疆与全国小麦主产区生产效率时序分析

运用 C^2R 和 B^2C 模型计算得出 2004—2021 年新疆小麦的技术效率，结果详见图 1。综合分

析 2004—2021 年的数据，新疆小麦生产在规模效率、综合技术效率和纯技术效率方面展示了两个显著的阶段：稳定的高效率阶段和效率稍有下降的阶段。在大部分时间里，新疆小麦生产效率指标维持在理想状态（指标值为 1），表明小麦生产处于最优状态，无效率损失。在 2010—2012 年和 2018—2020 年期间，效率指标出现了轻微的下降，表明生产规模非最优。

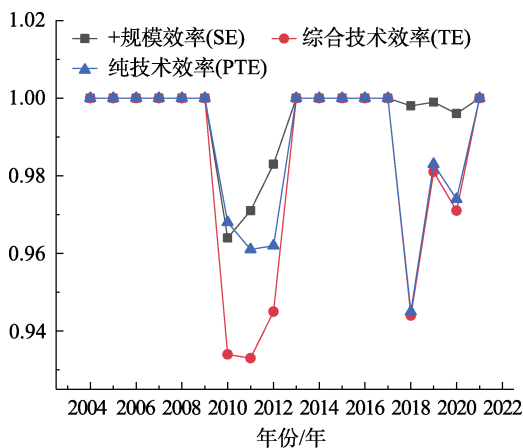


图 1 2004—2021 年新疆小麦生产要素效率配置表
Fig.1 Allocation of wheat production factor efficiency in Xinjiang from 2004 to 2021

2011 年新疆维吾尔自治区政府制定了全区小麦种植指导性计划，通过调整农业结构、优化品种结构、集中生产规模、提高小麦良种补贴等提高新疆小麦种植效益，从结果来看南疆呈现出“面积略增、单产减少、总产略减”，北疆“面积略减、单产提高、总产增加”态势^[18]，2011 年小麦总体产量与 2010 年持平，但可能因为在政策实施初期，小麦生产的各项投入较大，比如对小麦良种补贴的提高，最终表现为综合技术效率有所下降，规模技术效率逐步提升。在 2018—2020 年间，综

合技术效率与纯技术效率曲线近乎重叠,表明纯技术效率是影响综合技术效率下降的主要因素,规模效率的平稳变化也反映出新疆小麦已经能达到规模化、集约化生产。进一步分析 2004—2021 年,新疆与全国小麦主产区平均效率值,由图 2 所示。

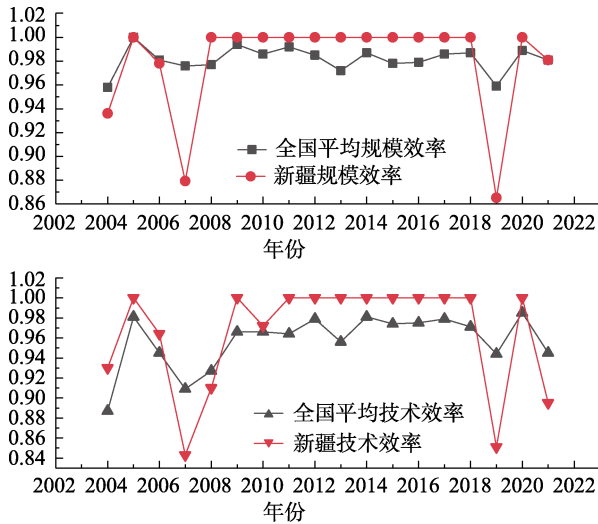


图 2 新疆与全国小麦主产区平均生产效率动态对比图

Fig.2 Dynamic comparison of average production efficiency between Xinjiang and the main wheat producing areas in China

2004—2006 年新疆小麦技术效率和规模效率均未达最优,其中技术效率高于全国平均水平,规模效率与全国平均水平接近。2007 年我国小麦受到多种自然灾害,且强度大、范围广,导致新疆与全国平均生产效率均大幅下降。2009—2018 年新疆技术效率(除 2010 年)与规模效率均为技术有效,高于全国平均水平。2019 年后因疫情影响,全国小麦生产效率均呈现不同程度的下降,新疆生产效率远低于全国平均水平。

2.2 新疆与全国小麦主产区全要素生产率分析

通过对 2004—2021 年新疆和全国小麦优势主产区投入产出的时序-截面数据进行 Malmquist 生产率指数分析,得到新疆小麦生产 TFP、技术进步及综合技术效率的环比指数,结果显示全国小麦优势主产区和新疆的全要素生产率都呈增长趋势,山西增长最快,为 1.048,黑龙江和江苏增速最慢,为 1.001,详见表 2,新疆处于平均水平,为 1.021。

表 2 新疆与十大主产区全要素生产率对比

Table 2 Comparing total factors of production efficiency between Xinjiang and 10 main wheat-producing regions

	综合技术 效率变化指数 (effch)		技术进步 变化指数 (techch)		纯技术效率 变化指数 (pech)		规模效率 变化指数 (sech)		全要素生产率 变化指数 (tfpch)	
	指数值	排名	指数值	排名	指数值	排名	指数值	排名	指数值	排名
河北	1.006	4	0.998	11	1.000	8	1.006	3	1.004	9
山西	1.010	2	1.037	2	0.996	11	1.015	1	1.048	2
内蒙古	1.020	1	1.011	6	1.023	1	0.997	10	1.031	3
黑龙江	1.000	9	1.001	10	1.000	9	1.000	8	1.001	11
江苏	0.994	11	1.008	7	0.996	10	0.998	9	1.001	10
安徽	1.009	3	1.002	8	1.003	3	1.006	2	1.011	7
山东	1.000	8	1.024	4	1.000	6	1.000	7	1.024	5
河南	1.000	7	1.025	3	1.000	5	1.000	6	1.025	4
湖北	1.005	5	1.001	9	1.000	7	1.005	5	1.006	8
陕西	1.005	6	1.054	1	1.000	4	1.005	4	1.060	1
新疆	0.998	10	1.024	5	1.003	2	0.995	11	1.021	6
Mean	1.004		1.017		1.002		1.002		1.021	

从规模效率来看,新疆规模效率变化指数(0.995)位居排名最后,显著低于其他小麦主产区。规模效率呈现负向变化趋势的有 3 个省份,分别为内蒙古(0.997)、江苏(0.998)和新疆(0.995),其他省份均呈现出正向变化趋势,其中山西规模效率变化最大,为 1.5%。从纯技术效

率变化指数来看,新疆略高于除内蒙古和安徽以外的其他省份,整体均值为 1.002,呈现平衡的趋势。从技术进步变化指数来看,新疆(1.024)略高于总体均值(1.017),除河北技术水平呈现下降趋势,其他各省指数均大于 1,新疆和山东并列位于第四。综上所述,制约新疆全要素生产率

的因素为生产规模，技术水平的发展极大地推动了新疆小麦发展。

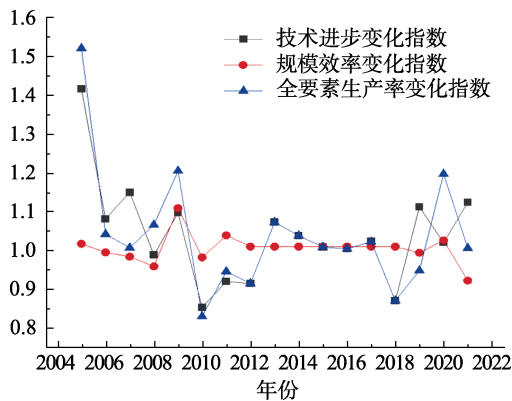


图 3 2004—2021 年新疆全要素生产率变化图
Fig.3 Changes in total factor productivity of Xinjiang from 2004 to 2021

为进一步探究技术进步和规模效率对新疆小麦全要素生产率带来的影响，以时间的角度来分析新疆 2004—2021 年全要素生产率的变动，如图 3 所示。在 2004—2005 年间，新疆全要素生产率达到了 1.511 的高水平，主要原因是由于间接费用的大幅降低，其他省份也出现了相同的情况，河南的全要素生产率变化指数高达 2.313。技术进步是影响全要素生产率的主要因素，并且技术进步对全要素生产率的影响存在明显的滞后性，规模效率在 2009 年和 2021 年也对全要素生产率产生的一定影响，但总体来看呈现平稳趋势。

2.3 新疆与全国小麦主产区生产效率差异

通过 SPSS 软件进行聚类分析，对不同地区的小麦生产情况进行分类，识别出新疆与哪些地区在全要素生产率、技术进步和综合技术效率方面表现相似，与哪些地区存在显著的差异，从而更深入地了解新疆小麦的生产特点。将 11 个产区的小麦全要素生产率变化指数，技术进步变化指数和综合技术效率变化指数进行聚类分析，结果如图 4 所示，在类间距离为 5 时，可将各省、自治区分为 4 类。

结合数据分析可知：(1) 山东、河南和新疆展现了技术进步对 TFP 的积极推动作用，但综合技术效率并没有显著地推动全要素生产率发展。新疆的综合技术效率变化指数为 0.998，技术进步变化指数为 1.024，全要素生产率变化指数为

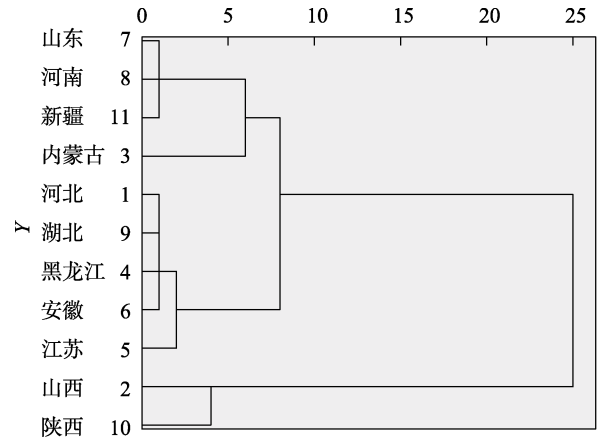


图 4 新疆和十大主产区聚类分析
Fig.4 Cluster analysis of Xinjiang and the top ten major wheat-producing regions

1.021，相较于全国小麦主产区，新疆的综合技术效率变化相对较小，但技术进步的变化却相对较大，技术进步在推动全要素生产率的增长方面起到了关键作用。(2) 内蒙古体现了技术进步和综合技术效率共同推动 TFP 增长。(3) 河北、湖北、黑龙江、安徽和江苏的数据显示，在研究期间，这些地区的技术和效率变化都不显著，指数均接近 1。这可能反映了这些地区在生产投入与产出关系上的平衡，但同时也意味着在研究期间内未能实现显著的生产率提升。(4) 陕西的技术变化指数高达 1.054，全要素生产率变化指数为 1.06，表明技术进步已经成功转化为生产效率的提升。山西也显示出效率和技术的同步提升，表明该地区在这两方面都取得了积极的成果。

3 结论与建议

3.1 结论

本文基于 2004—2021 年全国 10 个小麦优势主产区和新疆小麦的成本收益数据，运用 DEA-Malmquist 指数模型和 BCC、CCR 模型相结合的方法，从时间和空间两个维度深入研究了新疆小麦生产效率的时间变化和地区差异，得出如下结论：(1) 新疆小麦生产效率主要受纯技术效率制约。2004 至 2021 年，新疆小麦生产在规模效率、综合技术效率和纯技术效率方面呈现出两个显著的阶段，即稳定的高效率阶段（效率为 1）和效率下滑阶段。在效率下滑阶段中，规模效率始终维持在高水平或持续增长的状态，纯技术效率保

持在无效状态,说明新疆小麦生产的技术水平还需进一步提升。(2)新疆小麦全要素生产率整体处于增长趋势,但近年来有所下降,主要是受规模效率的影响。新疆小麦生产规模效率与其他小麦主产区相比还存在巨大差异,小麦生产的规模未能达到最佳状态,仍需在调整过程中实现效率上的提升,优化小麦规模化生产和经营。(3)新疆小麦的生产在技术进步和纯技术效率方面均优于其他小麦优势主产区平均水平。经聚类分析得知,新疆与河南、山东划分为第一类,这三省份在综合技术效率变化指数上普遍实现了增长,技术进步变化指数显著推动了全要素生产率变化指数的增长,技术创新为新疆小麦生产率的提高提供了重要支撑。

3.2 建议

本文根据新疆小麦生产效率与全国十大主产区小麦生产效率的对比分析,以提升新疆小麦生产效率为目的,提出以下几点建议:

(1)加大小麦生产政策支持和产业扶持力度。在小麦生产中,重点加强土地利用政策,提高种植面积支持,提供生产财政补贴,升级小麦产业技术,建立稳定的市场体系;在产业方面,加大对小麦加工和营销环节的扶持,推动小麦全产业链发展。

(2)提高农业水资源利用效率,推进水肥一体化建设,推动农业用水从粗放型向集约型转变。新疆的气候特征对农业生产产生着双重影响。一方面,得益于充足的光照资源,小麦等作物能够进行充分的光合作用,为提高产量提供了坚实的基础。另一方面,干旱和半干旱气候条件导致了水资源的稀缺性,限制了灌溉农业的进一步发展。为此,需重视农业节水措施,打造高效率水资源利用体系,推动水资源循环建设。

(3)提高小麦生产规模效率。满足小农户土地流转需求,推动小麦集约化、规模化生产,开展小麦区域规划布局工作,发展农业合作社,推动耕种、浇水、施肥、收获机械化、智能化建设,在扩大生产规模的同时,协调种粮大户与粮食加工企业对接,提高规模经营的经济效益。

参考文献:

- [1] 张卫军, 宋立新, 王伟, 等. 抗逆丰产旱碱麦新品种捷麦 20 的选育[J]. 作物研究, 2022, 36(2): 156-159.
ZHANG W J, SONG L X, WANG W, et al. Selection and breeding of a new stress-resistant and high yielding dry alkaline wheat variety Jiemai20[J]. Crop Research, 2022, 36(2): 156-159.
- [2] 习近平在看望参加政协会议的农业界社会福利和社会保障界委员时强调把提高农业综合生产能力放在更加突出的位置在推动社会保障事业高质量发展上持续用力[N]. 人民日报, 2022, 03, 07(1).
XI J P while visiting members of the agricultural social welfare and social security sector attending the CPPCC meeting, emphasised putting more prominence on improving the comprehensive agricultural production capacity and exerting sustained efforts in promoting the high-quality development of social security[N]. People's Daily, 2022, 03, 07(1).
- [3] 马宏. 新疆小麦质量状况调查与分析[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(5): 42-43.
MA H. Investigation and analysis of wheat quality in Xinjiang[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2012, 20(5): 42-43.
- [4] GAN Y, LIANG C, CHAI Q, et al. Improving farming practices reduces the carbon footprint of spring wheat production[J]. Nature Communications, 2014, 5(1): 5012.
- [5] 陈书章, 徐峥, 任晓静, 等. 我国小麦主产区综合技术效率波动及要素投入优化分析[J]. 农业技术经济, 2012(12): 39-50.
CHENG S Z, XU Z, REN X J, et al. Analysis of comprehensive technical efficiency fluctuation and optimisation of factor inputs in main wheat producing areas of China[J]. Agricultural Technology and Economics, 2012(12): 39-50.
- [6] 郎新婷, 马惠兰. 新疆小麦生产效率及地区差异研究[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(10): 127-133.
LANG X T, MA H L. Wheat production efficiency and region differences In Xinjiang[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(10): 127-133.
- [7] 高鸣. 脱钩收入补贴对小麦生产率有影响吗?——基于农户的微观证据[J]. 中国农村经济, 2017(11): 47-61.
GAO M. The impact of decoupled income support on wheat productivity: evidence from micro data[J]. Chinese Rural Economy, 2017(11): 47-61.
- [8] 李辉尚, 胡晨沛, 曲春红. 中国小麦主产区生产效率时空演变特征分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(10): 91-99.
LI H S, HU C P, QU C H. Spatio-temporal feature of wheat production efficiency in main producing provinces of China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(10): 91-99.
- [9] 王雪丽, 李颖, 李芳. 黄河流域小麦生产效率时空差异分析[J]. 当代农村财经, 2023, (8): 24-30.
WANG X L, LI Y, LI F. Analysis of spatial and temporal

- differences in wheat production efficiency in the Yellow River Basin[J]. *Contemporary Rural Finance and Economics*, 2023, (8): 24-30.
- [10] 孙晓宇, 鹿永华. 基于 DEA-Malmquist 模型的中国小麦生产效率分析[J]. *湖北农业科学*, 2022, 61(3): 173-179.
SUN X Y, LU Y H. Analysis of wheat production efficiency in China based on DEA-Malmquist model[J]. *Hubei Agricultural Science*, 2022, 61(3): 173-179.
- [11] SARKIS J, WEINRACH J. Using data envelopment analysis to evaluate environmentally conscious waste treatment technology[J]. *Journal of cleaner production*, 2001, 9(5): 417-427.
- [12] BEVILACQUA M, BRAGLIA M. Environmental efficiency analysis for ENI oil refineries[J]. *Journal of cleaner production*, 2002, 10(1): 85-92.
- [13] KUO R J, WANG Y C, TIEN F C. Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection[J]. *Journal of cleaner production*, 2010, 18(12): 1161-1170.
- [14] FUKUYAMA H, MASAKI H, SEKITANI K, et al. Distance optimization approach to ratio-form efficiency measures in data envelopment analysis[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2014, 42: 175-186.
- [15] 黄映晖, 戎承法, 张正河. DEA 方法在小麦生产效率衡量中的应用[J]. *农业技术经济*, 2004, (5): 16-22.
HUANG Y H, RONG C F, ZHANG Z H. Application of DEA method in measuring wheat production efficiency[J]. *Agricultural Technology and Economics*, 2004, (5): 16-22.
- [16] FAGERBERG J. Technology and international differences in growth rates[J]. *Journal of economic Literature*, 1994, 32(3): 1147-1175.
- [17] 章永来, 周耀鉴. 聚类算法综述[J]. *计算机应用*, 2019, 39(7): 1869-1882.
ZHANG Y L, ZHOU Y J. Review of clustering algorithms[J]. *Computer Applications*, 2019, 39(7): 1869-1882.
- [18] 钟永玲. 2011 年新疆小麦生产形势及展望[J]. *农业展望*, 2011, 7(7): 39-41
ZHONG Y L. The wheat production situation and prospects in Xinjiang in 2011[J]. *Agricultural Outlook*, 2011, 7(7): 39-41. ④
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。