

哈萨克斯坦粮食生产效率动态演进及区域差异

王美知, 魏 凤

(西北农林科技大学经济管理学院, 杨凌 712100)

摘要: 曾为苏联粮仓的哈萨克斯坦是粮食生产大国, 对于粮食生产效率问题的研究可以评价其未来粮食生产潜力和粮食生产水平, 为推进中哈粮食合作提供参考。基于 2005—2017 年哈萨克斯坦州际数据, 采用三阶段 DEA-Windows 方法, 在控制环境因素基础上测算了该国的粮食生产效率, 分析了其动态演变和区域差异。结果发现: 剔除外生环境因素后, 除北部地区, 哈萨克斯坦其他地区粮食生产效率大幅度下降, 全国效率均值从 0.755 下降到 0.286; 哈萨克斯坦粮食生产效率地区分异显著, 北部为 0.857, 西部仅有 0.112, 粮食生产效率提升空间很大; 调整后全国和各地区的粮食生产效率都呈上升趋势, 但与北部的效率差距不断增大, 地区内各州粮食效率变化趋于一致。

关键词: 粮食生产效率; 区域差异; 哈萨克斯坦; 三阶段 DEA; DEA-Windows

我国粮食安全面临“内忧外患”。国内耕地面积减少、耕地质量下降、水资源约束趋紧、极端天气频现等问题抑制了粮食产量的增势^[1,2]; 国际农产品市场波动加剧、贸易保护主义抬头、国际政局紧张等问题增加了粮食贸易的风险性, 降低了海外市场的可靠性^[3]。多方开发“海外粮仓”是保障国家粮食安全的新途径^[4]。曾为苏联粮仓的哈萨克斯坦, 拥有地缘和资源优势, 是建立“海外粮仓”的首选国之一^[5]。哈萨克斯坦在粮食生产和出口上实力突出。根据联合国粮农组织 (FAO) 数据, 2017 年哈萨克斯坦粮食总产量为 2012.90 万 t, 其中出口量达到 853.37 万 t, 占该国当年总产量的 42.40%。预计到 2021 年, 哈萨克斯坦和俄罗斯、乌克兰小麦出口总量将达美国粮食出口量的 87% 以上^[6], 表明该地区对维护世界粮食安全具有巨大潜力。虽然哈萨克斯坦粮食生产总产量具有一定竞争力, 但是 2017 年粮食单产仅有 1.36 t/hm² (约 181.33 斤/亩), 远远低于世界平均水平 (4.07 t/hm²) 和中亚地区平均水平 (1.70 t/hm²)。为了提高哈萨克斯坦的粮食生产能力, 更好地发挥“海外粮仓”的作用, 有必要对其粮食生产效率进行测度和分析。

哈萨克斯坦因巨大的粮食生产潜力受到国内外学者关注。外国学者从哈萨克斯坦粮食生产的重要性^[7,8]和生产现状^[9]、哈萨克斯坦粮食面临的市场机遇和挑战^[10]以及影响粮食产量的宏微观因素^[11-13]方面进行研究, 认为哈萨克斯坦与乌克兰、俄罗斯粮食生产对缓解全球粮食危机和保障区域粮食安全意义重大。但是国内粮食产量不稳定和国际粮食价格波动均会影响其粮食出口表现, 其中影响哈萨克斯坦粮食产量的主要因素有农业政策、气候变化、化肥的使用和栽培品种等。国内学者对哈萨克斯坦粮食生产的研究始于苏联

收稿日期: 2019-07-03; 修订日期: 2019-12-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71673222); 教育部人文社科基金项目 (15XJA790005)

作者简介: 王美知 (1993-), 女, 河南郸城人, 硕士, 研究方向为粮食安全与国际农业合作。

E-mail: 2017051296@nwsuaf.edu.cn

通讯作者: 魏凤 (1965-), 女, 陕西宝鸡人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为农业经济理论与政策、农业组织与市场。E-mail: weifeng@nwsuaf.edu.cn

时期^[14], 后沿着“粮食生产现状^[15]—粮食生产影响因素^[16,17]—农业投资贸易合作^[18]—粮食生产贸易合作^[19,20]”主线不断深入。国内学者以中哈农业合作为出发点, 探究两国农业生产和贸易互补性, 认为哈萨克斯坦农业生产潜力巨大, 有利于两国开展粮食贸易以及农业企业海外投资合作, 但是仍存在投资风险和限制。上述研究从不同角度对哈萨克斯坦粮食生产面临的问题和潜力进行了分析, 为本文的研究提供了坚实的理论基础和实践借鉴, 但仍存在一些不足: (1) 当前研究多关注哈萨克斯坦的粮食生产总量, 而忽视粮食生产效率对提高粮食产量的重要意义; (2) 对哈萨克斯坦粮食生产潜力的认识多停留在定性分析上, 缺少实证予以证明; (3) 多从中亚或者对哈萨克斯坦整体对粮食生产情况进行研究, 整体的平均水平会导致忽略区域差异性和空间异质性对全国粮食生产的影响。

基于此, 本文利用2005—2017年哈萨克斯坦州际统计数据, 采用三阶段DEA-Windows方法调整环境因素和随机误差后测算哈萨克斯坦真实的粮食生产效率, 进而分析粮食生产效率的动态演变特征和区域差异性, 同时揭示环境因素的影响。全面了解哈萨克斯坦粮食生产效率的时空差异和影响因素, 对进一步研究提高哈萨克斯坦粮食产出规模, 为世界粮食安全贡献力量具有重要的理论和实践意义。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究区概况

哈萨克斯坦共和国(简称“哈萨克斯坦”, 40°52'~55°41'N, 46°50'~87°32'E)位于欧亚大陆腹地, 是世界上最大的内陆国家, 国土面积272.49万km²(世界第九)。地形多为草原和半沙漠, 属温带大陆性气候。降雨分布不均, 草原地区年降水量(约100~300 mm)低于山区(800~1500 mm)。按照行政划分, 哈萨克斯坦有14个州和3个直辖市(努尔苏丹^①、阿拉木图和奇姆肯特市), 农业用地面积10405.06万hm², 实际使用的耕地总面积为2479.71万hm², 用作牧场的面积为7114.69万hm²(2017年)。哈萨克斯坦中西部(卡拉干达、阿特劳、西哈^②、曼吉斯套和阿克托别)为主要牧区, 北部(北哈、阿克莫拉州和科斯塔纳州)是主要产粮区, 所产粮食占全国70%~80%, 南部(图尔克斯坦、江布尔和阿拉木图)为种植养殖混合区(表1)。主要种植的粮食^③作物有小麦、大麦、燕麦、稻米、玉米等, 其中小麦和大麦产量占其粮食总产量的87%~95%。由于努尔苏丹和阿拉木图是哈萨克斯坦主要的政治中心和经济中心, 阿特劳和曼吉斯套具有独特的牧场资源禀赋条件, 粮食产量极低, 故本文的研究区域是哈萨克斯坦其他12个产粮州。

1.2 研究方法

粮食生产效率反映当前粮食生产的综合能力和未来粮食生产的提升潜力。对其测算分析主要有参数方法和非参数方法两种。参数方法指的是随机前沿分析方法(SFA), 是基于经济学理论建立生产函数或成本函数, 通过求解函数参数构造生产前沿面来测算粮食生产效率, 同时可以估计外生变量的影响。如学者们用SFA方法测算了中国的粮食生产效率^[21]和实证土地细碎化^[22]、劳动结构变化^[23]、农业机械化服务^[24]以及城镇化^[25]等外界环境对粮食

① 努尔苏丹是哈萨克斯坦共和国的首都, 旧名为“阿斯塔纳”。

② 由于哈萨克斯坦部分州名较长, 故对其中部分州使用简称: 西哈萨克斯坦、北哈萨克斯坦和东哈萨克斯坦分别简称为“西哈”“北哈”和“东哈”。

③ 本文所指的粮食(谷物)指的是Grain或者Cereal, 而不是广义的Food。根据哈萨克斯坦粮食的定义, 包括小麦、大麦、玉米、黑麦、燕麦、荞麦、小米、豆类和稻谷(未脱壳)与杂粮等。

表1 哈萨克斯坦各州主要年份粮食产量及其变化

Table 1 Grain production and its changes in the main years of Kazakhstan (10万t)

州/年份	2005	2009	2013	2017	变化趋势	所属地理区	所属生产区
科斯塔奈	353.72	491.3	426.74	485.78		北部	农作物种植区
北哈	349.34	562.08	454.4	503.76		北部	农作物种植区
阿克莫拉	296.74	506.82	441.23	482.25		北部	农作物种植区
阿拉木图	98.03	119.05	110.41	128.84		东部	混合区
江布尔	65.51	55.33	48	67.25		南部	混合区
东哈	56.14	88.53	79.02	65.71		东部	牲畜饲养区
图尔克斯坦	40.06	40.8	47.14	53.5		南部	混合区
巴甫洛达尔	28.66	82.67	69.67	66.15		东部	混合区
卡拉干达	26.98	55.31	75.89	75.5		中部	牲畜饲养区
克孜勒奥尔达	25.92	27.05	29.5	44.75		南部	农作物种植区
阿克托别	22.07	39.47	21.26	47.99		中部	牲畜饲养区
西哈	14.96	14.64	19.84	36.86		西部	牲畜饲养区

注:哈萨克斯坦各州粮食产量数据来源于哈萨克斯坦共和国统计署;农业产区划分来自于2016年哈萨克斯坦共和国农业部政府文件。

生产效率的影响。非参数方法(数据包络法DEA)用于测算粮食生产效率,不需要考虑生产函数的形式和非效率成分的分布类型,避免参数估计有效性的困扰,而且可用于多投入多产出技术效率测算。学者们在DEA基础上不断改进,分别用DEA-Malmquist指数^[26]、超效率DEA^[27]、SBM-Tobit模型二步法^[28]、三阶段DEA^[29]和三阶段DEA-Windows^[30]等方法测算中国各省市和中国粮食主产区的粮食生产效率。研究方法从纯粹测算和分解指数到逐步引入实证分析方法的改进,不仅使粮食生产效率的测算结果趋于准确,其他外生变量对粮食生产效率的影响机理逐渐明晰,分析角度也日益全面。本文采用兼具参数方法和非参数方法优点的三阶段DEA-Windows方法测算哈萨克斯坦粮食生产效率。

三阶段DEA-Windows模型是在三阶段DEA的基础上用Windows模型加以改进,从而具有了多重优点。一方面,三阶段DEA-Windows模型改进了传统DEA方法未能考虑外部环境因素的弊端和两阶段DEA模型未进一步修正生产效率的缺点,将决策单元(DMU)的投入产出置于同一环境下,使结果更具真实性和可比性^[31]。另一方面,DEA-Windows模型针对面板数据使用移动平均方法刻画同一决策单元不同时段效率值的动态演变,改善了传统三阶段DEA无法反映效率动态变动的缺陷。因此本文立足于已有研究成果,采用三阶段DEA-Windows模型从动态演变和区域差异的时空维度研究哈萨克斯坦粮食生产效率。结合本文主题,步骤具体如下:

第一阶段:DEA-Windows模型测算效率。DEA-Windows的原理是将不同时期的各州粮食生产效率视为不同决策单元,在设定窗口值后,通过类似移动平均法分析各州生产效率的时间演变趋势,从而使各州效率可以在面板上进行比较,测算结果更加平滑自然^[32]。DEA-Windows模型的设定形式同传统DEA的规模报酬可变模型,此方法较为成熟,其原理不再赘述。第一阶段主要任务是测算未剔除环境变量的效率值,并将所得的投入变量的松弛值用于第二阶段。

第二阶段:采用类似SFA回归剔除环境因素和统计噪声。首先,认为第一阶段投入变量松弛值反映各州投入要素的低效率和无效率部分,是由环境因素、管理无效率和统计噪

声构成。其次,使用面板SFA,以第一阶段所得投入变量松弛值为因变量,环境变量为自变量逐一回归,将松弛值分解为以上三部分以剔除环境因素和随机因素。构建SFA模型如下:

$$S_{ij}=f(Z_{ij};\beta_i)+v_{ij}+\mu_{ij}, i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J \quad (1)$$

式中: S_{ij} 是某个投入变量第 i 个州第 j 年的松弛值; Z_{ij} 是外生环境变量; β_i 是环境变量系数; v_{ij} 和 μ_{ij} 是随机误差项和管理无效率项,分别服从标准正态分布 $v \sim N(0, \sigma_v^2)$ 和在零点截断的正态分布 $\mu \sim N^+(0, \sigma_\mu^2)$ 。经SFA回归所得参数分离管理无效率项,即^[33]:

$$E(\mu_i|\varepsilon_i)=\left[\frac{\phi\left(\lambda\frac{\varepsilon_i}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{\lambda\varepsilon_i}{\sigma}\right)}+\frac{\lambda\varepsilon_i}{\sigma}\right]\sigma_* \quad (2)$$

式中: $\varepsilon_i = v_i + \mu_i$, 指混合误差项; $\lambda = \sigma_\mu / \sigma_v$, 表示管理无效率与随机误差项标准差之比; $\sigma = \sqrt{\sigma_\mu^2 + \sigma_v^2}$, 指两类误差平方和的标准差; $\sigma_* = \lambda\sigma / (1 + \lambda^2) = \sigma_\mu\sigma_v / \sigma$, 表示两类误差标准差之积占总方差标准差的比例; $\phi(*)$ 、 $\Phi(*)$ 为标准正态分布的概率密度函数和分布函数。随机误差项为混合误差项减去管理无效率项,即:

$$E(v_{ij}|v_{ij}+\mu_{ij})=S_{ij}-f(Z_{ij};\hat{\beta}_i)-E(u_{ij}|v_{ij}+\mu_{ij}) \quad (3)$$

最后,将所有各州粮食投入数据调整到相同的外部环境中,即剔除环境因素和随机因素对效率测度的影响,调整公式如下:

$$X_{ij}^A=X_{ij}+[\max f(Z_{ij};\hat{\beta}_i)-f(Z_{ij};\hat{\beta}_i)]+(\max v_{ij}-v_{ij}) \quad i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J \quad (4)$$

式中: X_{ij}^A 是调整后的投入; X_{ij} 是初始投入; $[\max f(Z_{ij};\hat{\beta}_i)-f(Z_{ij};\hat{\beta}_i)]$ 是对环境因素进行调整; $(\max v_{ij}-v_{ij})$ 是对随机干扰项的调整。

第三阶段:再次测算效率。将第二阶段调整后的投入变量代入DEA-Windows模型,重新计算粮食生产效率,与第一阶段所得效率值对比,分析其演变趋势和区域差异。

1.3 投入产出变量选取

结合哈萨克斯坦粮食生产状况选取粮食总产量作为产出变量。投入变量据农业生产要素理论,选取农业化肥投入量、粮食种植面积、耕地灌溉面积、农业固定资产投资和农业就业人数5个变量,分别反映生产资料、土地、水资源、机械化水平和劳动力的投入情况。

1.4 环境因素变量选取

环境因素的选取需要满足“分离假设”^[34],即选取影响哈萨克斯坦粮食生产效率且不受生产系统主观控制的外生因素。根据哈萨克斯坦粮食生产靠天吃饭、广种薄收的现状,选取自然灾害因素、宏观经济环境、宏观社会环境和产业结构四方面来对影响粮食生产效率的外生环境因素进行控制。各环境变量测度指标及理论预期影响分别为:

(1) 自然灾害因素。哈萨克斯坦旱灾频繁,多次造成粮食大幅度减产,是影响粮食生产的主要自然灾害。考虑到数据的可获取性,选取干旱胁迫指数来衡量。干旱胁迫指数指的是某行政区域内在整个农作季节受到旱情影响的耕地面积的百分比。严重的干旱会造成农业生产投入要素的冗余,理论上预期与粮食生产效率呈负相关关系。

(2) 宏观经济环境。哈萨克斯坦粮食产业发展受到本国经济大环境变化的影响。经济发展水平通常用人均GDP衡量。人均GDP越高,地区经济发展水平越高,粮食生产的贡献比例将提高,从而有利于粮食生产效率的提升,所以人均GDP的预期影响方向为正。

(3) 宏观社会环境,用城镇化率表征社会发展水平。哈萨克斯坦除东部和南部多山

区,其他区域多为半沙漠和草原,土地连片,有利于规模化种植。城镇化不仅有利于多余的农村人口向城市转移,而且能促进农业机械化水平的提高,从而提高粮食的生产效率。理论上城镇化越高,粮食生产效率越高。

(4) 产业结构。哈萨克斯坦以第二、三产业为主,农业产值在其国民经济中占比较低,为4.4%(2017年)。各州间农业对经济的贡献差异较大,粮食主产区高于其他产区,因此选用各州农业产值占比来衡量产业结构差异。区域农业GDP占比高说明此区域具有农业生产的相对优势,这是自然禀赋、政策条件和其他生产资源优越的综合表现,所以理论上预期产业结构与粮食生产效率呈正相关关系。

1.5 数据说明和来源

研究时段选取2005—2017年,研究区域为哈萨克斯坦12个产粮州。所涉及的指标均为州际数据,来源于2006—2018年《哈萨克斯坦共和国统计年鉴》各分册和FAO的全球粮食和农业信息及预警系统(GIEWS)数据库,具体变量、单位和数据来源说明见表2。

表2 粮食生产效率评价指标体系和数据来源
Table 2 Evaluation index system of grain production efficiency and the data sources

变量类型	变量代码及名称	变量单位	数据来源
产出变量	Y 粮食总产量	千t	《农林牧副渔》分册
投入变量	X_1 农业化肥投入量	千t	《农林牧副渔》分册
	X_2 粮食种植面积	千hm ²	《农林牧副渔》分册
	X_3 耕地灌溉面积	千hm ²	《资源环境》分册
	X_4 农业固定资产投资	百万坚戈	《固定资产投资》分册
	X_5 农业劳动力投入	人	《人口的经济活动》分册
	Z_1 干旱胁迫指数	—	FAO全球粮食和农业信息及预警系统
环境变量	Z_2 人均GDP	千坚戈/人	《区域》分册
	Z_3 农业GDP占比	—	《区域》分册
	Z_4 城镇化率	—	《区域》分册

2 结果分析

2.1 第一阶段DEA-Windows结果

将研究区域2005—2017年粮食生产初始投入和产出数据导入DEA-Solver Pro 5.0软件,运用DEA-Windows模型测算各州每年粮食生产效率。遵循已有研究文献,选取窗口期为3的结果进行分析,得到各地区粮食生产效率的平均值见表3,其演变趋势见图1。

从哈萨克斯坦整体来看,2005—2017年全国粮食生产效率为0.755,与生产前沿面存在很大的差距。从地区上看,北部、南部和西部各州的粮食生产效率高于全国平均水平,其中北部各州的平均效率最高(0.881),中部地区生产效率低于0.6,说明哈萨克斯坦粮食生产效率有很大的提升空间。从各州来看,达到生产前沿面的州为0个,平均粮食生产效率高于全国平均水平的州有7个,分别是克孜勒奥尔达、北哈、阿拉木图、科斯塔奈、江布尔、阿克莫拉和西哈州。其中,克孜勒奥尔达州以与生产前沿面相差0.009居于第一位,北哈次之,卡拉干达和巴甫洛达尔等中东部各州粮食生产效率较低。

从粮食生产效率演变趋势上看,调整前全国粮食生产效率区域差异不明显,且呈现微弱的上升趋势。上升趋势与哈国政府从2002年实施的“农业和食物计划”(Agriculture and Food Program, AFP)有关,该计划旨在确保粮食安全,建立有效的农工综合

表3 2005—2017年第一阶段各州平均粮食生产效率测算（调整前）

Table 3 The average grain production efficiency (2005-2017) of each region calculated in the first stage (Before adjustment)

地区	效率值	地区	效率值	地区	效率值
克孜勒奥尔达	0.991	西哈	0.765	北部	0.881
北哈	0.933	图尔克斯坦	0.691	南部	0.845
阿拉木图	0.899	东哈	0.642	西部	0.765
科斯塔奈	0.879	阿克托别	0.618	东部	0.689
江布尔	0.852	卡拉干达	0.577	中部	0.597
阿克莫拉	0.830	巴甫洛达尔	0.526	全国	0.755

注：根据所处地理位置，各地区包含的州为：北部的阿克莫拉、科斯塔奈和北哈，南部的克孜勒奥尔达、江布尔和图尔克斯坦，东部的阿拉木图、东哈和巴甫洛达尔，中部的阿克托别和卡拉干达，西部仅包含西哈州。

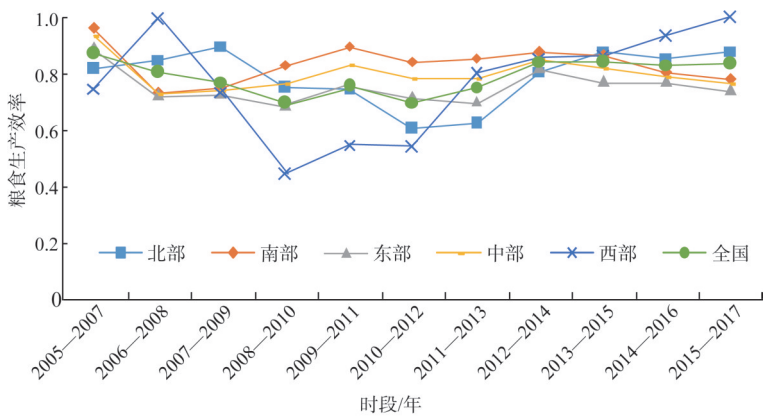


图1 2005—2017年第一阶段各地区粮食生产效率变化趋势

Fig. 1 Trends in grain production efficiency by region in the first stage from 2005 to 2017

体，增加国内外农产品销量以及加大农业支持力度。北部粮食生产效率先降低后快速提升，2010—2012年间粮食生产效率下降的主要原因是哈萨克斯坦在2010年、2012年分别遭受严重的旱灾，北部各州受灾严重，致使粮食产量大幅度减产。2012年以后，北部各州在政府粮食生产扶持政策的激励下粮食生产效率不断提高。与北部相反，南部各州粮食生产效率却有所降低，尤其是在2013年后，效率逐年下降。究其原因哈萨克斯坦2013年制定“2013—2020农业综合发展新规划《农业2020》”，规划重点之一为转变农业发展模式，将畜牧业发展作为农业发展中最重要的一部分，部分粮食用地将被种植油料作物、牧草和饲料作物用地替代，粮食生产要素投入量将逐渐减少。西部地区粮食生产效率波动较大。由于西哈是主要的牧区，以发展畜牧业为主，粮食生产较为粗放，易受外生环境影响而呈现强波动性。中东部粮食生产效率基本不变。

通过对调整前哈萨克斯坦粮食生产效率的分析，可见自然环境、政策环境和产业结构对效率的测算存在着较大影响，有必要对这些外生因素进行剥离以还原哈萨克斯坦粮食生产效率的真实值。

2.2 外生环境因素影响分析

将第一阶段得到的5个投入变量的松弛量逐一作为因变量，将4个环境变量作为自变量，利用Frontier 4.1软件，选取成本函数，依次进行5次回归得到结果如表4所示。

由5个模型的对数似然函数值可知，SFA回归拟合效果好。各模型的 γ 值介于0.1~

表4 第二阶段SFA回归结果

Table 4 SFA regression results in the second stage

	化肥施用 松弛量	粮食播种面积 松弛量	有效灌溉面积 松弛量	农业固定资产投资 松弛量	农业从业人数 松弛量
常数项	-2.786	-82.374	-18.507	-536.820	18963.071
	-0.668	-0.981	-0.910	-135.465***	299.247***
干旱胁迫指数	0.114	4.691	0.795	11.524	641.466
	1.981**	3.737***	2.942***	0.230	2.276**
人均GDP	0.004	-0.076	-0.005	0.376	-23.515
	2.306**	-2.127**	-0.555	0.441	-4.998***
城镇化率	-9.558	298.562	-2.220	-1226.475	39746.267
	-1.310	1.908*	-0.063	-431.990***	995.983***
农业GDP占比	0.126	-233.810	-8.563	3332.129	-90661.759
	0.014	-1.126	-0.183	894.043***	-16337.248***
σ^2	231.673	103790.790	8554.419	159948430	9552581300
	4.598***	87295.547***	1464.572***	159948420***	9552581300***
γ	0.317	0.284	0.600	0.174	0.529
	2.138**	3.636***	12.923***	2.852***	9.729***
对数似然函数值	-622.985	-1102.823	-867.191	-1688.946	-1964.437

注：*、**、***分别表示在10%、5%和1%水平下显著。

0.9之间，且都通过1%的显著性检验，说明外部环境因素和管理因素共同显著影响粮食生产效率。若环境变量的回归系数为正，说明该环境变量的增加会导致投入冗余增加，从而阻碍粮食生产效率提升；反之则有利于缓解投入的松弛量，促进粮食生产效率的改善。对环境变量的具体分析如下：

（1）干旱胁迫指数。干旱胁迫指数与5种投入松弛量的回归系数均为正值，与预期一致，表明严重的旱灾会造成粮食投入要素的过剩加剧。因为干旱造成农作物不同程度的减产，产量减少会导致投入收益大大降低，呈现低效率状态。哈萨克斯坦是内陆国家，气候干燥少雨，干旱天气频繁（平均每五年出现一次旱灾），极不利于粮食生产效率的提高。

（2）人均GDP。人均GDP对粮食播种面积、有效灌溉面积农业从业人数松弛量的回归系数为负，说明地区经济水平的提高促进了土地资源、水资源及劳动力的合理配置，降低这些要素冗余量。但对化肥使用和农业固定资产松弛量的回归系数为正，与预期理论相反。合理解释为，哈萨克斯坦经济的发展将增加对粮食的需求（口粮需求和工业用粮需求），农业生产主体为追求粮食高产会增加化肥的施用，导致化肥的过量投入。同时政府和工业部门会增加对农业的扶持和反哺，有可能造成农业固定资产投资的过量。

（3）城市化率。由表4可知，城镇化水平的提高减少了农业固定资产投资、化肥施用和灌溉的松弛量，表明城镇化水平将增加农业机械化水平和农业生产资料的投入，对粮食生产效率的提升起促进作用。但是随着城镇化的推进，哈萨克斯坦粮食播种面积冗余增加，加剧了当前耕地抛荒的现象。同时，农业机械对农业劳动力的替代作用也将在一定时期内导致农业劳动力的冗余。

（4）农业GDP占比。计算结果表明，农业生产优势地区能够提高生产要素的配置效率，减少粮食土地资源、水资源和农业劳动力资源的冗余。政府对粮食主产区政策补贴

的倾斜也导致了农业生产资料投入和农业固定资产投资的冗余。

总体来看，环境变量对哈萨克斯坦粮食生产的影响符合该国当前粮食产业发展现状，因此有必要对影响粮食生产效率的外生环境因素和管理因素进行剥离。

2.3 调整后粮食生产效率分析

将经过式（2）~式（4）计算后的产出数据和初始粮食产量导入DEA-Solver Pro 5.0软件中，运用DEA-Windows修正，得到各州2005—2017年剔除环境影响后的真实效率值，结果如表5所示。由表5可以发现，经过调整，哈萨克斯坦的粮食生产效率发生了较大变化。除北部各州效率值变化不大外，其他各地区粮食生产效率值均出现了明显下降，表明环境因素和随机扰动因素对粮食生产效率具有显著影响，同时也证实了第二阶段回归的意义。调整后粮食生产效率的时空差异如图2和图3所示，具体分析如下：

表5 2005—2017年第三阶段各地区粮食生产效率测算（调整后）

Table 5 The average grain production efficiency (2005-2017) of each region calculated in the third stage (After adjustment)														
类别	地区	年份												
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
北部	阿克莫拉	0.650	0.780	0.908	0.758	0.89	0.402	0.874	0.471	0.862	0.994	0.986	0.990	1.000
	科斯塔奈	0.708	0.869	1.000	1.00	0.882	0.502	1.000	0.453	0.849	0.926	1.000	0.951	0.995
	北哈	0.730	1.000	0.986	1.000	0.921	0.587	1.000	0.720	0.839	0.940	1.000	1.000	1.000
南部	江布尔	0.293	0.198	0.197	0.078	0.238	0.144	0.136	0.093	0.214	0.141	0.218	0.302	0.303
	克孜勒奥尔达	0.129	0.127	0.131	0.112	0.125	0.136	0.110	0.126	0.142	0.170	0.185	0.202	0.220
	图尔克斯坦	0.189	0.170	0.161	0.099	0.181	0.145	0.127	0.123	0.212	0.213	0.281	0.306	0.259
东部	阿拉木图	0.401	0.397	0.435	0.290	0.460	0.369	0.346	0.375	0.454	0.467	0.498	0.545	0.552
	巴甫洛达尔	0.240	0.230	0.302	0.098	0.331	0.175	0.180	0.215	0.313	0.319	0.284	0.334	0.286
	东哈	0.134	0.169	0.211	0.091	0.303	0.081	0.131	0.070	0.272	0.172	0.246	0.288	0.279
中部	阿克托别	0.104	0.063	0.188	0.242	0.137	0.021	0.126	0.033	0.085	0.064	0.081	0.187	0.214
	卡拉干达	0.127	0.180	0.233	0.164	0.219	0.098	0.224	0.144	0.283	0.243	0.229	0.333	0.276
西部	西哈	0.061	0.116	0.182	0.302	0.061	0.026	0.110	0.048	0.084	0.105	0.044	0.144	0.167
平均值	北部	0.696	0.883	0.965	0.919	0.898	0.497	0.958	0.548	0.85	0.953	0.995	0.980	0.998
	南部	0.204	0.165	0.163	0.096	0.181	0.142	0.125	0.114	0.189	0.175	0.228	0.270	0.261
	东部	0.258	0.266	0.316	0.159	0.365	0.208	0.219	0.220	0.346	0.320	0.343	0.389	0.372
	中部	0.116	0.122	0.211	0.203	0.178	0.059	0.175	0.089	0.184	0.153	0.155	0.260	0.245
	西部	0.061	0.116	0.182	0.302	0.061	0.026	0.110	0.048	0.084	0.105	0.044	0.144	0.167
	全国	0.233	0.278	0.336	0.330	0.291	0.160	0.283	0.178	0.290	0.302	0.302	0.365	0.368

（1）从全国层面看，调整后粮食生产效率平均值从0.755下降到0.286。主要原因有两点：一是自然灾害频繁发生。哈萨克斯虽然有肥沃的土地，但是匮乏的水资源和恶劣的气候抑制了粮食生产效率的提升。二是农业基础设施不健全。苏联时期投资建设的农业基础设施已经年久老化。虽然哈萨克斯坦从2002年起出台的多项政策提及改善基础设施状况，但部分政策目标表达不清晰或者前后矛盾使得用于基础设施建设的资金份额不增反降。有限的农业设施不能发挥防御自然灾害的能力，因此剔除自然因素等随机干扰因素和管理无效率因素以后，大多数州粮食生产效率大大降低，导致全国粮食生产效率平均值的骤降。综合来看，哈萨克斯坦粮食生产效率提升空间较大。

（2）从地区看，地区间粮食生产效率差异明显。北部粮食生产效率均值最高（0.857）；其次是东部各州（0.291）；西部最低（仅0.112）；南部和中部也未超0.2。北部和

东部粮食生产效率高于全国均值,这两个区域生产了全国87.33% (2005—2017年平均占比) 的粮食。北部粮食生产优势形成于苏联垦荒运动时期(1954—1956年),此运动不仅在哈萨克斯坦北部开垦了大约2500万 hm^2 耕地(占当前哈国耕地的60%以上),而且获得苏联农业机械、青年劳动力和农业技术的支持。东部虽多山区,但降雨量充足,有利于粮食种植。南中西部多以经济作物种植和畜牧业生产为主,粮食种植面积较少。

(3) 从各州看,调整前效率值最高的是克孜勒奥尔达州和北哈州,调整后为北哈州和科斯塔奈州。其中,克孜勒奥尔达州效率值为0.147,排名从第一位下降到倒数第三位。主要原因是克孜勒奥尔达州农业化肥施用量高,每年所施肥料占本国投入总量的30%左右,因此调整前效率值较高。北哈和科斯塔奈州经调整分别上升1个和2个名次。由此可见,不剔除环境要素会造成粮食生产效率测算结果严重失真。相邻各州之间粮食生产效率差异不明显,表明哈萨克斯坦粮食生产表现出一定的空间相关性。

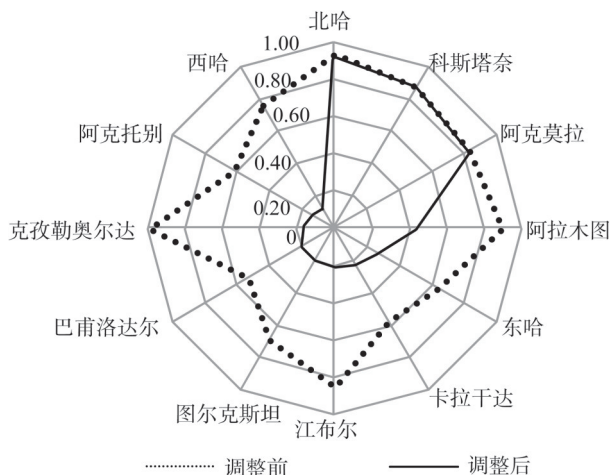


图2 调整前后各区域粮食生产效率对比

Fig. 2 Comparison of grain production efficiency in different regions before and after adjustment

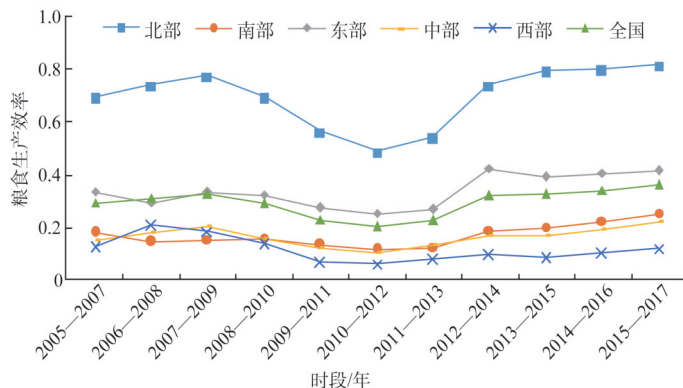


图3 2005—2017年第三阶段各地区粮食生产效率变化趋势

Fig. 3 Trends in grain production efficiency by region in the third stage from 2005 to 2017

(4) 从变化趋势上看,全国和各地区的粮食生产效率都呈现出增加的趋势,但其他地区与北部效率差距日益增大,各地区内粮食效率变化趋势相同。调整后南部和中东部由粮食生产效率降低和不变趋势变为增长趋势,全国粮食生产效率也呈现出较调整前大幅度的增加,尤其是2013年以后增速加快,说明“农业2020”“2017—2020年农工业发展国家计划”等长远规划型政策对农业发展具有成效。调整后,北部粮食生产效率高居首位,其他区域与北部差距较大。差距不断增大主要是因为哈萨克斯坦农业生产支持政策采用种植面积补贴对粮食生产的正反馈作用所致。除此以外,每个地区内各州粮食生产效率增减趋势和幅度基本一致,表明哈萨克斯坦粮食生产还存在一定的区域趋同性。

3 结论

本文运用三阶段DEA-Windows方法对哈萨克斯坦2005—2017年粮食生产效率进行了测算与分析,得到以下结论:

(1) 环境变量对粮食生产效率有显著影响。严重的旱灾加剧5种投入要素的过剩程度,抑制粮食生产效率的提高;区域经济发展水平能促进农业水土和劳动力资源的有效配置,但会造成化肥投入和农业投资的浪费;城镇化进程有利于缓解农业固定资产投资、化肥施用和灌溉的无效率,却会增加粮食种植面积冗余,加剧抛荒现象;农业生产优势区能够节约农业基本要素,然而政策的倾斜也导致粮食主产区农业生产资料和资本投入的过剩。

(2) 从区域差异来看,要素调整后除北部各州效率值变化不大,其他地区粮食生产效率值均出现了大幅度下降,全国效率均值从0.755下降到0.286。地区粮食生产效率分异变得明显,北部粮食生产效率均值为0.857,西部仅有0.112。其中,北哈州和科斯塔奈州粮食生产效率最高,调整后的粮食生产效率与哈萨克斯坦当前粮食产业布局基本一致。

(3) 从动态演变上看,调整后全国和各地区的粮食生产效率都呈上升趋势,但其他地区与北部的效率差距不断增大,说明哈萨克斯坦粮食生产效率提升空间还很大。地区内各州粮食效率变化趋势相似,粮食生产表现出一定的区域趋同性。

以上对哈萨克斯坦粮食生产效率区域差异和影响因素的分析,为中国涉农企业在哈萨克斯坦开展粮食投资明确了目标和方向。在投资目标区域选择上,涉农企业应首选生产效率高、粮食产业集聚的北部优势主产区,具有一定生产规模和经营经验后逐渐扩展至次产区东部和南部各州。在投资方向上,新进入农业企业首先致力于提高哈萨克斯坦粮食的生产效率,根据研究结果可关注4个切入点:(1)具有研发实力的粮食种子企业引进、培育、生产和推广抗逆性强的粮食品种,在不能改变自然气候情况下从根本上提高粮食抵抗自然灾害的能力;(2)农业机械企业可根据哈萨克斯坦粮食生产活动特点研发和生产适合当地粮食生产管理的农业机械装备,提高哈萨克斯坦粮食生产机械化水平;(3)农业灌溉设施企业依托已有的中哈农业示范园区,向农业用水匮乏的中部和干旱频发的北部推广先进的农业节水和集水灌溉设施;(4)农业云服务企业与当地农业部门合作构建农业气象灾害监测和预警系统,后逐渐扩展为集国际农产品贸易、农资服务、农机交易、技术咨询以及科研合作于一体的中哈农业合作云服务平台。

参考文献(References):

- [1] 姚成胜,殷伟,李政通.中国粮食安全系统脆弱性评价及其驱动机制分析.自然资源学报,2019,34(8):1720-1734. [YAO C S, YIN W, LI Z T. The vulnerability assessment and driving mechanism analysis of China's food security system. Journal of Natural Resources, 2019, 34(8): 1720-1734.]
- [2] 周曙东,周文魁,林光华,等.未来气候变化对我国粮食安全的影响.南京农业大学学报:社会科学版,2013,13(1):56-65. [ZHOU S D, ZHOU W K, LIN G H, et al. The impact of future climate change on China's food security. Journal of Nanjing Agricultural University: Social Sciences Edition, 2013, 13(1): 56-65.]
- [3] 樊胜根,张玉梅,陈志钢.逆全球化和全球粮食安全思考.农业经济问题,2019,(3):4-10. [FAN S G, ZHANG Y M, CHEN Z G. Thinking about anti-globalization and global food security. Issues in Agricultural Economy, 2019, (3): 4-10.]
- [4] 贾盼娜,刘爱民,成升魁,等.中国农产品贸易格局变化及海外农业资源利用对策.自然资源学报,2019,34(7):1357-1364. [JIA P N, LIU A M, CHENG S K, et al. Pattern changes of China's agricultural trade and countermeasures for the utilization of overseas agricultural resources. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1357-1364.]
- [5] QIN Q, CHENG S K, WU L, et al. A study on the spatial distribution of China's potential foreign cooperation on grain from geographical view. Journal of Resources and Ecology, 2018, 9(6): 585-591.
- [6] FEHÉR I, FIELDSSEN A F. The potential for expanding wheat production in Kazakhstan: Analysis from a food security

- perspective, EUR 29386 EN, publications office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-7996386-5, Doi: 10.2760/487249, JRC113009.
- [7] KULCHIKOVA Z. Development of grain market in North Kazakhstan. *International Agricultural Journal*, 2012, 6: 47.
- [8] LIOUBIMTSEVA E, HENEBRY G M. Grain production trends in Russia, Ukraine and Kazakhstan: New opportunities in an increasingly unstable world?. *Frontiers of Earth Science*, 2012, 6: 157-166.
- [9] PRIMBETOVA S. Tendencies of development of grain production in the Kazakhstan Republic. *International Agricultural Journal*, 2012, 5: 51-54.
- [10] FELLMANN T, HÉLAINE S, NEKHAY O. Harvest failures, temporary export restrictions and global food security: The example of limited grain exports from Russia, Ukraine and Kazakhstan. *Food Security*, 2014, 6(5): 727-742.
- [11] BAYDILDINA A, AKSHINBAY A, BAYETOVA M, et al. Agricultural policy reforms and food security in Kazakhstan and Turkmenistan. *Food Policy*, 2000, 25(6): 733-747.
- [12] PAVLOVA V N, VARCHOVA S E, BOKUSHEVA R, et al. Modeling the effects of climate variability on spring wheat productivity in the steppe zone of Russia and Kazakhstan. *Ecological Modeling*, 2014, 277: 57-67.
- [13] RAMAZANOVA R X, KEKILBAEVA G R, KASIPHAN A, et al. The effect of nitrogen fertilizers on productivity of spring triticale in the dry steppe zone of Kazakhstan. *Agricultural Science Euro-North-East*, 2018, 62(1): 47-51.
- [14] 张保国. 哈萨克斯坦是怎样变成苏联粮仓的?. *世界农业*, 1983, (3): 53-55. [ZHANG B G. How did Kazakhstan become a Soviet granary?. *World Agriculture*, 1983, (3): 53-55.]
- [15] 秦放鸣. 哈萨克斯坦独立后的粮食生产评析. *东欧中亚研究*, 2001, (5): 51-54. [QIN M F. Analysis on the grain production after Kazakhstan's independence. *East European, Russian & Central Asian Studies*, 2001, (5): 51-54.]
- [16] 李宁. 制约哈萨克斯坦粮食生产的因素分析. *产业与科技论坛*, 2009, 8(12): 178-182. [LI N. Analysis of factors restricting grain production in Kazakhstan. *Industrial & Science Tribune*, 2009, 8(12): 178-182.]
- [17] 李宁, 盖金伟. 试析哈萨克斯坦粮食增产的潜在因素. *农业展望*, 2010, 6(10): 38-42. [LI N, GAI J W. An analysis of the potential factors of grain production increase in Kazakhstan. *Agricultural Outlook*, 2010, 6(10): 38-42.]
- [18] 张建伟. 西北五省与丝路前段国家农业投资合作契合度研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016. [ZHANG J W. The research of agricultural investment cooperation fit degree between provinces in Northwest China and Silk Road Economic Belt front section countries. Yangling: Northwest A&F University, 2016.]
- [19] 法尔哈提·法·萨伊布拉托夫, 张银山. 哈萨克斯坦产业结构变动及对中哈贸易合作的启示. *俄罗斯中亚东欧市场*, 2011, (5): 27-33. [SAYBRATEV F F, ZHANG Y S. The changes in Kazakhstan's industrial structure and its implications for Sino-Kazakhstan trade cooperation. *Russian Central Asian & East European Market*, 2011, (5): 27-33.]
- [20] 张庆萍, 朱晶. 中国与哈萨克斯坦粮食贸易与合作: 现状和障碍. *欧亚经济*, 2017, (1): 74-87. [ZHANG Q P, ZHU J. Grain trade and cooperation between China and Kazakhstan: Status quo and barriers. *Russian Central Asian & East European Market*, 2017, (1): 74-87.]
- [21] 亢霞, 刘秀梅. 我国粮食生产的技术效率分析: 基于随机前沿分析方法. *中国农村观察*, 2005, (4): 25-32. [KANG X, LIU X M. Analysis of technical efficiency of grain production in China: Based on stochastic frontier analysis method. *China Rural Survey*, 2005, (4): 25-32.]
- [22] 张海鑫, 杨钢桥. 耕地细碎化及其对粮食生产技术效率的影响: 基于超越对数随机前沿生产函数与农户微观数据. *资源科学*, 2012, 34(5): 903-910. [ZAHNG H X, YANG G Q. The effects of land fragmentation on technical efficiency of food production: An empirical analysis based on stochastic frontier production function and micro-data of households. *Resources Science*, 2012, 34(5): 903-910.]
- [23] 马林静, 欧阳金琼, 王雅鹏. 农村劳动力资源变迁对粮食生产效率影响研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(9): 103-109. [MA L J, OUYANG J Q, WANG Y P. The influence of evolvement of rural labor resources on grain production efficiency. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(9): 103-109.]
- [24] 杨进. 中国农业机械化服务与粮食生产. 杭州: 浙江大学, 2015. [YANG J. Mechanization and division of labor in Chinese agricultural production. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.]
- [25] 赵丽平, 侯德林, 王雅鹏, 等. 城镇化对粮食生产环境技术效率影响研究. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(3): 153-162. [ZHAO L P, HOU D L, WANG Y P, et al. Study on the impact of urbanization on the environmental technology efficiency of grain production. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(3): 153-162.]
- [26] 肖红波, 王济民. 新世纪以来我国粮食综合技术效率和全要素生产率分析. *农业技术经济*, 2012, (1): 36-46. [XIAO H B, WANG J M. Analysis of China's grain comprehensive technical efficiency and total factor productivity since the new century. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2012, (1): 36-46.]
- [27] 刘宁. 基于超效率Output-DEA模型的主产区粮食生产能力评价. *软科学*, 2011, 25(3): 79-83. [LIU N. Evaluation on

- the grain production capacity of major grain production area based on super-efficiency Output-DEA model. *Soft Science*, 2011, 25(3): 79-83.]
- [28] 曾福生, 高鸣. 我国粮食生产效率核算及其影响因素分析: 基于SBM-Tobit模型二步法的实证研究. *农业技术经济*, 2012, (7): 63-70. [ZENG F S, GAO M. Accounting of grain production efficiency in China and analysis of its influencing factors: An empirical study based on the two-step method of SBM-Tobit model. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2012, (7): 63-70.]
- [29] 胡逸文, 霍学喜. 不同规模农户粮食生产效率研究. *统计与决策*, 2017, (17): 107-111. [HU Y W, HUO X X. Study on grain production efficiency of farmers of different scales. *Statistic & Decision*, 2017, (17): 107-111.]
- [30] 张凡凡, 张启楠, 李福夺, 等. 基于三阶段DEA-Windows的主产区粮食生产效率评价. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(5): 158-165, 194. [ZHANG F F, ZHANG Q N, LI F D, et al. Evaluation of grain production efficiency in the main production area based on the Three Stage DEA-Windows. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(5): 158-165, 194.]
- [31] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 2002, 17(1-2): 157-174.
- [32] CHARNES A, CLARK C T, COOPER C W, et al. A developmental study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the U.S. air forces. *Annals of Operations Research*, 1985, 2(1): 95-112.
- [33] 罗登跃. 三阶段DEA模型管理无效率估计注记. *统计研究*, 2012, 29(4): 105-108. [LUO D Y. A note on estimating managerial inefficiency of Three-Stage DEA Model. *Statistical Research*, 2012, 29(4): 105-108.]
- [34] SIMAR L, WILSON P W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, 2007, 136(1): 31-64.

Dynamic evolution and regional differences of grain production efficiency in Kazakhstan

WANG Mei-zhi, WEI Feng

(College of Economics and Management, Northwest Agricultural and Forestry University,
Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Kazakhstan, which was the granary of the Soviet Union, is a large grain producing country. Research on grain production efficiency can evaluate its grain production potential and grain production level of future, and provide a reference for promoting Sino-Kazakh food cooperation. Based on the inter-state data of Kazakhstan from 2005 to 2017, this paper applied the Three-Stage DEA-Windows method to calculate the country's grain production efficiency in controlling environmental factors, and analyzed its dynamic evolution and regional differences. The results show that after excluding the environmental factors, the grain production efficiency fell sharply except for the northern region, and the average national efficiency dropped from 0.755 to 0.286. The differences in regional grain production efficiency are significant, with 0.857 in the northern part and only 0.112 in the western part, which means that there was much room for the increase of the grain production efficiency. After the adjustment, the grain production efficiency of the whole country and all regions showed an upward trend, but the efficiency gap between the North and other regions was continuing to increase. The changes of grain efficiency of different states in the same region tended to be similar.

Keywords: grain production efficiency; regional differences; Kazakhstan; Three-Stage DEA; DEA-Windows