

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20190520

· 农业生态 ·

基于三阶段 DEA-Windows 的主产区 粮食生产效率评价*

张凡凡¹, 张启楠^{2*}, 李福夺³, 傅汇艺¹, 杨兴洪¹

(1. 贵州大学管理学院, 贵阳 550025; 2. 中南林业科技大学经济学院, 湖南长沙 410004;
3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要 [目的] 在耕地面积有限、城镇化高速发展的背景下, 合理评价粮食生产效率、认清粮食生产现状、探索提高粮食生产效率的有效途径具有重要的理论和现实意义。[方法] 基于2006—2015年主产区13个省域数据, 采用三阶段 DEA 和 DEA-Windows 相结合的方法, 既关注外部环境对粮食生产效率的影响, 又注重主产区各省在粮食生产效率上的动态演变规律, 从而更加精准地对粮食生产效率进行评价。[结果] 外生环境变量对粮食生产效率有显著影响, 其中, 受灾面积和地区经济发展水平的提高会阻碍粮食生产效率, 而人均耕地面积对粮食生产效率有促进作用; 剔除环境影响后主产区的粮食生产效率发生了较大变化, 江苏省和河南省成为粮食生产效率最高的省份, 除黑龙江、吉林、内蒙古等省份的粮食生产效率有不同程度的下降外, 其余省份的粮食生产效率均有所提升; 从剥离环境影响后的区域效率分布情况来看, 主产区粮食生产效率呈现出从中部地区向东西两边逐级递减的趋势, 但就其自身发展而言, 西部地区的粮食生产效率增长速度最快, 区域差距正在逐步缩小, 主产区内部的粮食生产效率演变处于收敛过程中, 但需要注意的是, 区域内部各省份之间的粮食生产效率仍存在较大差异; [结论] 三阶段 DEA-Windows 模型能更真实地反映主产区的粮食生产效率水平, 应结合地方实际, 有侧重的制定效率提升策略。

关键词 主产区 外生环境变量 三阶段 DEA DEA-Windows 粮食生产效率

中图分类号: F301.2; F224 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2019]05158-09

0 引言

“无农不稳, 无粮则乱”, 粮食生产始终是社会和谐稳定的重要保证, 也是三农研究的基础性课题^[1]。从全球范围来看, 目前面临粮食不安全的人口仍在持续飙升, 已由2015年的8000万猛增至2016年的1.08亿, 而我国作为人口大国、农业大国, 粮食安全问题显得尤为重要。自2004年以来, 我国在粮食生产方面取得了突出成就, 实现了粮食产量的十二连增, 但必须认识到, 我国的粮食安全形势仍然不容乐观, 谷物供给进口依赖度有进一步增强趋势, 粮食自给率相对偏低^[2], 仅2015年, 我国有近16.54%的农产品来自国际市场, 其中, 粮食进口比例达到6.37%, 属于粮食生产轻度风险国家, 加之近年来气候变化、粮食生产要素成本普遍提高以及农业比较利益偏低等因素的影响, 我国在粮食生产方面仍面临巨大的挑战。与此同时, 目前我国耕地供给基本上达到了极限, 并且随着城镇化的深入发展, 耕地面积在未来很可能呈下降趋势, 土地资源的重新配置尽管在一定程度上有利于缓解这种耕地压力, 但其作用微乎其微^[3], 且从长远来看, 粮食安全问题仅仅依靠发掘耕地潜力、加大生产要素投入使用无法得到有效解决。可见, 未来粮食经济的增长必须转变其生产方式, 试图使粮食生产进一步由要素依赖型向生产效率驱动型

收稿日期: 2018-02-12

作者简介: 张凡凡(1992—), 女, 山西太原人, 硕士研究生。研究方向: 农业经济理论与政策

*通讯作者: 张启楠(1993—), 男, 山西太原人, 硕士研究生。研究方向: 农村金融与保险。Email: 805637038@qq.com

*资助项目: 贵州省教育厅硕士点项目“我国农村减贫效率空间分异特征及驱动机理”(2018ssd04); 贵州省教育厅大学生项目“虚拟水战略背景下的我国粮食生产问题及对策”(2018dxs03)

转变^[4]，因此，合理评价粮食生产效率、认清粮食生产现状、探索提高粮食生产效率的有效途径具有重要意义。

在粮食生产效率研究方面，大多数学者运用经典 DEA 进行分析，肖洪波、王济民借助数据包络分析 (DEA) 以及 Malmquist 指数测算了 2004—2012 年我国粮食生产综合技术效率的变化，进一步探索了我国粮食生产的动力因素以及面临的挑战；马林静、王雅鹏以我国 30 个省域的粮食生产面板数据为基础，通过 DEA-Malmquist 方法测算了 2001—2010 年粮食主产区、主销区和平衡区的粮食生产效率，在此基础上从时空差异视角对其技术效率进行了解析^[5]；薛龙、刘旗则旨在分析河南省的粮食生产效率现状以及调整方向，以 2000—2010 年微观市级单位为研究单元，运用 DEA-Tobit 两步法展开论述。综合来看，运用经典 DEA 测算粮食生产效率在学术界已有较多研究成果，但这种单一使用 CCR 和 BCC 模型的方法忽视了环境因素的影响，可能会出现高估或者低估效率的现象^[6]，而三阶段 DEA 通过剔除外部环境因素对各研究单元的影响，进一步保证了效率评估结果的客观性，同时，由于该方法兼具参数、非参数分析的优点而受到广大学者的青睐。但以截面数据为研究对象的三阶段 DEA 效率方法容易导致某些粮食生产状况较好的省份效率值始终为 1，从而无法得到这些省份效率的时间演进趋势^[7]，因此，文章将采用三阶段 DEA 和 DEA-Windows 相结合的方法，综合利用时间和截面的面板数据信息，对 2006—2015 年主产区粮食生产效率进行综合评价，既关注外部环境对粮食生产效率的影响，又注重主产区各省在粮食生产效率上的动态演变规律，以期为进一步提高主产区产粮能力、保障国家粮食安全、制定合理的粮食生产规划提供参考和借鉴。

1 研究区域概况

粮食主产区主要是指地理、土壤、气候等条件适合种植粮食作物，并具有一定的资源优势、技术优势和经济效益，在满足当地粮食消费的基础上能够提供大量商品粮输出的重点生产区，主要包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山东、江苏、安徽、江西、湖北、湖南、四川等 13 个省域。作为全国粮食的主要供给基地，粮食主产区的生产状况在全国粮食生产中具有战略性意义，因此，以粮食主产区为研究区域具有重要价值，同时，由于目前效率测算方法测算的是相对效率，该文选取生产条件较为相似的主产区 13 个省份为研究区域，可以有效避免以全国 31 个省份为研究范围造成的主产区大部分省份粮食生产效率为 1 的缺陷。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

参考前人研究成果并结合主产区粮食生产实际，立足指标量化的可行性、数据的可获取性原则，搜集整理包括产出变量：粮食产量；投入变量：化肥施用量、农业机械总动力、粮食播种面积、农业从业人数、有效灌溉面积；外生环境变量：受灾面积、人均 GDP、人均耕地面积等在内的 2006—2015 年主产区 13 个省份的数据指标（表 1），其中，外生环境变量主要是指对研究对象产生影响但又不受主观控制的因素，该文主要选取受灾面积、人均 GDP、人均耕地面积等分别代表灾害程度、地区经济发展水平和耕地资源禀赋，并将其作为主要环境控制变量进而测算主产区各省较为真实的粮食生产效率水平。所需数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》等国家正式发布的统计资料，搜集到的数据按照时间先后顺序逐年排列并用 excel 进行系统化整理。

2.2 研究方法

早在 1978 年 Charnes 和 Cooper 便提出了数据包络法 (DEA)^[8]，该方法主要用于测算投入-产出的相对效率，目前相关研究主要基于投入导向和产出导向两个研究方向，且大多数研究将研究重点放在提升效率的有效途径方面，在此基础上，Fried 进一步将其测算过程分为 3 个阶段，剔除了环境因素的影响，使其效率评估结果更为准确，同时，由于针对截面数据的传统 DEA 方法无法反应同一决策单元在不同时间

表1 2006—2015年主产区粮食生产效率评价体系

变量类型	变量名称	均值	标准差	最大值	最小值
投入变量	农用化肥施用量 (万 t)	294.34	140.55	716.10	127.50
	农业机械总动力 (万 kW)	5 326.18	3 243.65	13 353.00	1 678.30
	粮食播种面积 (10 ³ hm ²)	6 077.89	2 279.47	1 1765.20	3 035.90
	农业从业人数 (万人)	1 354.52	668.35	2 920.00	525.20
	有效灌溉面积 (10 ³ hm ²)	3 270.75	1 209.10	5 530.80	1 407.80
产出变量	粮食产量 (万 t)	3 295.81	1 145.52	6 324.00	1 591.00
外生环境变量	受灾面积 (10 ³ hm ²)	1 949.68	1 151.68	7 394.00	225.00
	人均 GDP (元)	34 387.50	16 534.20	87 995.00	10 055.00
	人均耕地面积 (10 ² hm ²)	1 291.13	957.93	4 158.99	570.77

点上的效率变动,为此,Charnes等提出了著名的DEA-Windows分析方法,该方法普遍适用于面板数据,最大程度的改善了这一缺陷^[9]。该文将综合利用三阶段DEA与DEA-Windows方法的优点,在一、三阶段借助DEA-Windows方法测算各研究单元的产粮效率,第二阶段通过Tobit回归考察环境因素的影响程度,并调整原始投入量,从而既考虑外部环境的影响,又反映投入产出时间上的连续性。

阶段一:DEA-Windows方法测算。该方法的优点主要表现在其对时间的处理方面,巧妙地将同一研究单元的不同时段看作不同的研究单元,这种思想类似于系数平滑法^[10],通过对比各研究单元和窗口期内的研究单元,更为自然合理的刻画了各研究单元效率值的动态演化。假定共有*i*个效率测算单元,其投入向量以及产出向量分别为 x_i 、 y_i ,基于研究目的的需要,本研究将主要从产出视角对特定研究单元的效率值进行综合评价,模型设定如下:

$$\min [\theta - \varepsilon (e_1^T S^- + e_2^T S^+)]$$

$$s. t. \begin{cases} \sum_{i=1}^k \lambda_i x_i + s^- = \theta X_0 \\ \sum_{i=1}^k \lambda_i y_i - s^+ = Y_0 \\ \sum_{i=1}^k \lambda_i = 1 \\ \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, k \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, θ 表示各研究单元的效率值, ε 为非阿基米德无穷小量, s^+ 、 s^- 代表效率测算中的冗余值, λ_i 则为各研究单元的权值。当研究单元同时满足 $\theta = 1$ 、 $s^+ = 0$ 、 $s^- = 0$ 时,表示该研究单元的投入-产出效率极高,处于前沿面生产;当研究单元满足 $0 < \theta < 1$ 时,表明该研究单元存在一定的效率改进空间,其中,取值越远离1,投入转化为产出的能力越低。

阶段二:构建Tobit回归模型。考虑到第一阶段测算得到的效率冗余值均不小于0,在数值属性上为截断数据,为了避免估计参数产生趋向于0的偏误^[11],本研究将通过构建Tobit模型对环境变量与投入冗余值进行回归估计。具体模型构建如下:

$$S_{ij} = \alpha_i + \beta_j Z_{ij} + \mu_i, i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

式(2)中, S_{ij} 表示第*i*个决策单元第*j*年的松弛量, Z_{ij} 表示外生环境变量, α_i 、 β_j 、 μ_i 分别表示常数项,待估系数和随机误差。根据该模型可以估计出环境因素对投入松弛量的影响程度,然后用投入松弛量的拟合值 $\hat{S}_{ij} = \alpha_i + \beta_j Z_{ij}$ 对初始投入量进行调整,从而把处于不同外部环境下的决策单元置于相同的环境之中,具体调整公式为:

$$\hat{x}_{ij} = x_{ij} + (\max \{s_{ij}^{\wedge}\} - s_{ij}^{\wedge}), i = 1, 2, \dots, k, j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式 (3) 中, \hat{x}_{ij} 为调整后的投入量, x_{ij} 为调整前的初始投入量, $\max \{s_{ij}^{\wedge}\}$ 表示最不理想的外部环境^[12], 当 $(\max \{s_{ij}^{\wedge}\} - s_{ij}^{\wedge}) = 0$ 时, $\hat{x}_{ij} = x_{ij}$, 换句话说该决策单元的效率没有受到外部环境好坏的影响; 而当 $(\max \{s_{ij}^{\wedge}\} - s_{ij}^{\wedge}) > 0$ 时, 表示该决策单元的效率值在较好地外部环境下表现为虚高, 应调高其初始投入量, 将该决策单元置于和其他决策单元相同的外部环境, 进而测算其真正的效率水平。

阶段三: 再次进行 DEA-Windows 方法测算。通过第二阶段将环境引致的投入要素冗余剔除后, 对调整后的投入-产出数据进行 DEA-Windows 测算, 由此得到的效率值即为各研究单元真实的效率状况, 既有利于将所有研究单元置于相同的环境空间, 又能够刻画出各决策单元效率的动态演化规律。

3 实证分析

3.1 一阶段 DEA-Windows 方法测算结果

将主产区粮食生产初始投入产出数据导入 Deap2.1 软件, 遵循已有研究成果, 设置时间窗口为 3, 运用 DEA-Windows 方法测算主产区各省每一年的粮食生产效率, 为突出其优势, 该文选取河南、黑龙江、湖北、湖南、吉林等 5 个省份作为测样, 分别采用传统 DEA 方法和 DEA-Windows 方法进行粮食生产效率测算, 如表 2 所示, 通过对比可以发现, 采用传统 DEA 方法的测算结果中黑龙江省和吉林省的粮食生产效率始终为 1, 无法看出这两个省份 10 年来的效率变动情况, 缺乏动态评价的依据, 而在采用 DEA-Windows 方法后, 即使生产效率高、生产状况良好的省份其生产效率也始终处于不断变化的状态, 既可以得到不同决策单元同一时间段的投入产出相对效率, 又可以得到同一决策单元随时间的动态演化规律。因此, 该文在第一阶段将主要借助 DEA-Windows 方法进行效率值和松弛量的测算, 结果如表 3 所示。

表 2 2006—2015 年使用不同 DEA 方法计算粮食生产效率的比较

类别	地区	年份									
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
传统 DEA	河南	0.840	0.939	0.864	0.941	0.882	0.806	0.779	0.764	0.800	0.823
	黑龙江	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	湖北	0.836	0.931	0.881	0.962	0.900	0.831	0.806	0.792	0.837	0.843
	湖南	0.908	1.000	0.945	1.000	0.936	0.863	0.845	0.799	0.854	0.846
	吉林	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
DEA - Windows	河南	0.836	0.857	0.864	0.839	0.811	0.780	0.768	0.764	0.763	0.797
	黑龙江	1.000	0.870	1.000	0.971	0.992	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	湖北	0.832	0.849	0.881	0.868	0.827	0.804	0.794	0.792	0.798	0.816
	湖南	0.903	0.919	0.945	0.912	0.861	0.836	0.832	0.799	0.814	0.819
	吉林	1.000	0.906	1.000	0.876	0.985	1.000	0.999	1.000	0.996	1.000

表 3 中, 主产区整体效率值较高, 除河北、安徽、四川和内蒙古外大部分地区的效率值在 0.8 以上, 但仍有较大的提升空间。由于受到外生环境变量的影响, 可能使表 3 中的部分效率值失真, 因此, 此表中的效率测算结果并不能真正反映主产区的粮食生产状况, 应在经典 DEA 的基础上剔除环境变量的影响。

3.2 二阶段外生环境变量的 Tobit 回归

为了剥离外生环境对粮食生产效率的影响, 必须明确环境要素在多大程度上对粮食生产效率产生影响, 因此, 在二阶段 Tobit 回归模型中以一阶段 DEA-Windows 模型中各投入要素的松弛量为被解释变量, 受灾面积、人均 GDP、人均耕地面积等外生环境变量为解释变量进行回归估计, 如果回归系数为正值, 表示环境变量的增加会加剧投入松弛量, 从而对粮食生产效率产生阻碍作用, 如果回归系数为负值, 则表

示环境变量的增加有利于减少投入冗余, 从而对粮食生产效率的提高产生促进作用, 具体估计结果如表 4 所示。

表 3 一阶段 DEA-Windows 方法的主产区粮食生产效率测算 (调整前结果)

地区	效率值	地区	效率值	地区	效率值
辽宁	0.856	河南	0.808	江西	0.841
江苏	0.896	黑龙江	0.983	安徽	0.688
山东	0.882	湖北	0.826	四川	0.757
河北	0.707	湖南	0.864	内蒙古	0.700
吉林	0.976				

表 4 二阶段 Tobit 回归结果

解释变量	被解释变量				
	化肥施用 松弛量	农业机械 松弛量	粮食播种面积 松弛量	农业从业人数 松弛量	有效灌溉面积 松弛量
受灾面积	0.020 **	0.566 **	0.190 ***	0.121 ***	0.221 ***
人均 GDP	0.008 *	0.376 **	0.016	-0.033	0.236 ***
人均耕地面积	-0.066 ***	-1.959 ***	-0.241 ***	-0.509 ***	-0.682 ***
常数项	118.833 ***	2 858.455 ***	914.309 ***	1 344.277 ***	1 045.832 ***
LR chi2 (3)	45.26	41.06	13.49	99.58	54.28
Prob > chi2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
对数似然率	-700.00	-1104.57	-957.59	-890.27	-972.97

注: ***, **, * 分别表示在 1%, 5%, 10% 的水平上显著

可以看出, 受灾面积与 5 种投入松弛变量的回归系数均为正值, 且都通过了 5% 的显著性检验, 表明受灾面积的增加会同时造成 5 种投入变量的过剩加剧, 从而阻碍粮食生产效率, 这与理论预期相一致, 因为受灾面积的增加会直接导致粮食产量的大幅减少, 最终表现为高投入低产出的低效率状态; 人均 GDP 与化肥施用量、农业机械总动力、粮食播种面积、有效灌溉面积松弛量的回归系数为正, 说明地区经济的发展容易造成粮食投入变量的冗余和浪费, 不利于粮食生产效率的提高, 这一结论与理论预期刚好相反, 但也在情理之中, 可能的原因是经济发展水平高的地区往往二、三产业所占比重较大, 农业土地经营规模较小, 一定程度上制约了投入要素绩效的发挥, 这与贺志亮等^[13]的研究结果相一致, 而人均 GDP 与农业从业人数松弛量的回归系数为负值, 也就是说地方经济水平的提高有利于减少农业劳动力的过度供给, 这与现实生产逻辑基本吻合, 一般而言, 随着地区经济水平的提高, 非农就业机会不断增加, 再加上农业生产比较利益偏低, 降低了农户从事农业生产的积极性, 从而形成农业从业人数的下降趋势; 人均耕地面积与各投入要素松弛量的回归系数均为负值, 说明耕地面积的增加在一定程度上可以缓解粮食投入要素的冗余程度, 对粮食生产效率起促进作用, 这主要与人均耕地资源越丰富其劳动和资本投入在粮食生产上的报酬率越高有关, 郑旭媛^[14]也证实了这一点。

以上回归结果显示, 外部环境因素对粮食生产效率均有显著影响, 有必要进行环境因素对效率影响的剥离性分析。

3.3 三阶段拟合调整后的效率值测算结果

根据外生环境变量对粮食生产效率的 Tobit 回归分析结果对投入要素进行拟合调整, 以调整后的各要素投入量和初始产量为基础再次进行 DEA-Windows 运算, 得到主产区各省剔除环境影响后的真正效率值, 如表 5 所示。

通过将表 5 所示的粮食生产效率结果与一阶段效率结果进行对比可以发现, 剔除环境影响后主产区的粮食生产效率发生了较大变化 (图 1), 内圈虚线表示剔除环境影响前主产区各省 2006—2015 年的粮食生

表 5 2006—2015 年三阶段 DEA-Windows 方法的主产区粮食生产效率测算（调整后结果）

类别	地区	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	均值
东部省份	辽宁	0.796	0.902	0.800	0.775	0.785	0.912	0.914	0.988	0.916	0.978	0.876
	江苏	0.978	1.000	0.953	0.994	0.973	0.994	0.988	0.981	0.992	1.000	0.985
	山东	0.895	0.920	0.905	0.970	0.983	0.987	0.985	0.969	0.956	0.986	0.956
	河北	0.773	0.799	0.765	0.810	0.780	0.821	0.823	0.830	0.827	0.822	0.805
	平均值	0.861	0.905	0.856	0.887	0.880	0.928	0.928	0.942	0.923	0.947	0.906
中部省份	吉林	0.905	0.913	0.908	0.872	0.903	0.973	1.000	1.000	0.988	0.996	0.946
	黑龙江	0.971	0.913	0.888	1.000	0.920	0.987	1.000	0.979	0.960	0.988	0.961
	湖北	0.778	0.820	0.915	0.849	0.879	0.917	0.878	0.906	0.862	0.886	0.869
	湖南	0.870	0.885	1.000	0.923	0.981	0.997	0.960	1.000	0.936	0.922	0.947
	河南	0.953	0.977	0.960	1.000	0.969	0.973	0.970	0.986	1.000	0.987	0.978
	江西	0.829	0.837	0.929	0.876	0.910	0.898	0.880	0.918	0.889	0.915	0.888
	安徽	0.729	0.767	0.773	0.802	0.780	0.769	0.789	0.789	0.785	0.814	0.780
平均值	0.862	0.873	0.910	0.903	0.906	0.931	0.925	0.940	0.917	0.930	0.910	
西部省份	四川	0.883	1.000	0.942	0.950	1.000	0.988	0.953	1.000	0.965	1.000	0.968
	内蒙古	0.516	0.537	0.594	0.613	0.589	0.659	0.685	0.690	0.681	0.707	0.627
	平均值	0.700	0.769	0.768	0.781	0.795	0.824	0.819	0.845	0.823	0.854	0.798

产效率均值，外圈实线表示剔除环境影响后的效率均值，总体而言，调整后黑龙江、吉林、内蒙古等省份的粮食生产效率有不同程度的下降，其余省份的粮食生产效率均有所提升，这主要与各省域所处的外部环境不同有关，黑龙江、吉林、内蒙古作为产粮大省，在耕地资源禀赋上具有一定的优势，人均耕地面积分别达到 0.34、0.22、0.10 万 hm^2 /万人，是主产区其他省份人均耕地面积的 2~3 倍，这种资源优势使其劳动和资本投入的报酬率更高，同时，这 3 个省份的经济发展主要以第一产业为主，非农产业对粮食经济的挤出作用相对较小，再加上近年来灾害防御体系的加强为其营造了良好的外部生产环境，当剥离外部环境影响将所有省域置于相同水平时，这 3 个省份由于失去优越的生产环境而导致真实效率值有所下降，其余省份则出现不同程度的效率提升。此外，不难发现，调整前效率值处于前两位的是黑龙江省（0.983）和吉林省（0.976），而调整后江苏省（0.985）和河南省（0.978）成为粮食生产效率最高的省份，可见，外部环境对于粮食生产效率的评价是非常重要的，忽视环境差异可能导致评估结果的严重失真。

从剔除环境影响后的区域效率分布情况来

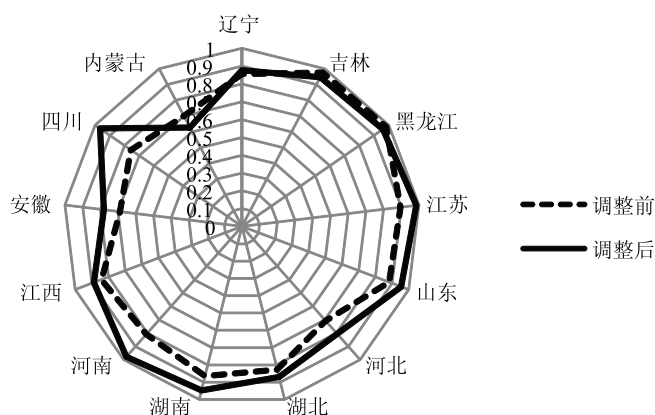


图 1 调整前和调整后主产区粮食生产效率对比

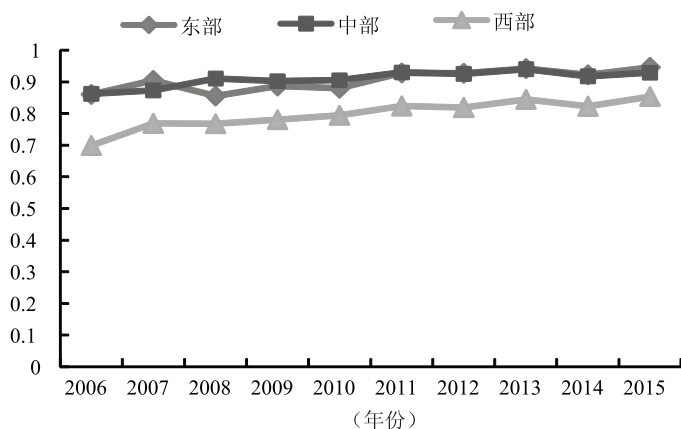


图 2 2006—2015 年东中西部粮食生产效率演变趋势

看(表5),按照中国经济带划分标准可将主产区13个省份分为东部、中部和西部地区,东部地区主要包括辽宁、江苏、山东和河北4省,中部地区包括湖北省、吉林省、黑龙江省、湖南省、河南省、江西省和安徽省,西部地区包括四川和内蒙古两省^[15]。东、中、西部地区的效率均值分别为0.906、0.910和0.798,表现出从中部地区向东西两边逐级递减的趋势,且西部地区与中部和东部地区的差距较大,可能的原因是西部地区由于自身基础的薄弱性,其发展还需要一个更长的过程。但就其自身发展而言,西部地区的粮食生产效率增长速度最快,与中部、东部地区的差距不断缩小,主产区内部的粮食生产效率演变正处于收敛过程中(图2),可能与近年来国家政策对西部地区的扶持有关,同时,需要注意的是,就区域内部而言各省域粮食生产效率仍存在较大差异,对于东部地区来说,大部分省份的粮食生产效率都在0.94-1之间,而辽宁省和河北省的粮食生产效率相对较低,都在0.9以下,甚至普遍低于中部地区的大部分省份;就中西部省份来说,安徽和内蒙古的粮食生产效率与本区域其他省份严重脱节,效率值处于主产区末两位,可见,粮食生产效率不仅存在区域上的不均衡,区域内部各个省份之间也存在较大差异。值得一提的是每个区域都有“标杆”性参照物,其中,东部地区的代表是江苏省,中部地区的代表是河南省,西部地区的代表是四川省,这为同一区域内不同省份的效率改善提供了方向。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 外生环境变量对粮食生产效率均有显著影响,其中,受灾面积的增加会加剧五种投入变量的过剩程度,从而阻碍粮食生产效率;地区经济发展容易造成化肥施用量、农业机械总动力、粮食播种面积、有效灌溉面积等投入变量的冗余和浪费,不利于粮食生产效率的提高,但另一方面可以提供大量非农就业机会,有利于减少农业劳动力的过度供给;人均耕地面积有利于缓解各投入变量的冗余程度,对粮食生产效率有促进作用。

(2) 剔除环境影响后主产区的粮食生产效率发生了较大变化,江苏省和河南省成为粮食生产效率最高的省份,除黑龙江、吉林、内蒙古等3个省份的粮食生产效率有不同程度的下降外,其余省份的粮食生产效率均有所提升,因此,剔除环境因素具有一定的技术意义。

(3) 从剥离环境影响后的区域效率分布情况来看,主产区粮食生产效率呈现出从中部地区向东西两边逐级递减的趋势,且西部地区与中部、东部地区的差距较大,但就其自身发展而言,近年来西部地区的粮食生产效率增长速度最快,各区域之间的差距正在逐步缩小,主产区内部的粮食生产效率演变处于收敛过程中,但需要注意的是,区域内部各个省份之间仍存在较大差异,其中,东部地区的辽宁省和河北省,中部地区的安徽省以及西部的内蒙古粮食生产效率均与本区域其他省份严重脱节。

4.2 讨论

(1) 由于外生环境变量对粮食生产效率产生了显著影响,有必要通过改善环境因素来提高粮食生产效率。首先,自然灾害仍然是粮食生产最大的不稳定因素,受灾面积的增加会直接导致粮食产量的大幅减少,不利于粮食生产效率的提高,必须最大限度的攻克突发性农业灾害在预警预报方面的难关,不断完善防灾减灾基础设施;其次,粮食主产区在注重自身经济发展的同时,要合理规划农业与非农产业的发展,寻找二者发展的平衡点,在保证粮食安全的基础上实现经济的快速发展;最后,主产区各省要增强耕地保护意识,提高土地流转监管力度。一方面,粮食生产作为一种耕地密集型产业,在不使用耕地的情况下尚不可能进行大规模的粮食生产,耕地一旦进入非农产业就很难再次转回农业领域,否则将会造成巨大的经济损失,另一方面,耕地面积的增加将有利于提高劳动和资本投入在粮食生产上的报酬率,进而促进粮食生产效率的改善,进一步强调了耕地保护的重要性。

(2) 鉴于主产区粮食生产效率不仅存在区域上的不均衡,区域内部各个省份之间也存在较大差异,在粮食生产过程中要继续注重效率水平的提高,特别是效率水平较低的省份,要注意推进粮食生产要素投入机制改革,优化投入产出结构,加快前沿技术进步,紧密结合当地资源禀赋条件,推动区域规模效应的

形成与发挥；其次，可以考虑从制度层面构建省际以及区域间交流合作机制，加快信息流通，积极借鉴同一区域内具有“标杆”性参照意义省份的先进技术，提高自身效率水平，缩小地区差异，实现主产区的协调发展。

参考文献

- [1] 徐志刚, 傅龙波, 钟甫宁. 中国粮食生产的区域比较优势分析. 中国农业资源与区划, 2001 (1): 48-51.
- [2] 何蒲明, 黎东升. 基于粮食安全的粮食产量和价格波动实证研究. 农业技术经济, 2009 (2): 85-92.
- [3] 唐建, Jose Vila. 粮食生产技术效率及影响因素研究——来自 1990—2013 年中国 31 个省份面板数据. 农业技术经济, 2016, (9): 72-83.
- [4] 冯静, 杨静, 姜会明. 吉林省粮食大县(市)粮食生产效率分析. 吉林农业大学学报, 2015, 37 (4): 493-498.
- [5] 马林静, 王雅鹏, 吴娟. 中国粮食生产技术效率的空间非均衡与收敛性分析. 农业技术经济, 2015 (4): 4-12.
- [6] 陈巍巍, 张雷, 马铁虎, 等. 关于三阶段 DEA 模型的几点研究. 系统工程, 2014, 32 (9): 144-149.
- [7] Charnes A, Clark C T, Cooper W W, etc. 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.
- [8] 朱满德, 李辛一, 程国强. 综合性收入补贴对中国玉米全要素生产率的影响分析——基于省级面板数据的 DEA-Tobit 两阶段法. 中国农村经济, 2015 (11): 4-14, 53.
- [9] Nguyen T P T, Roca E, Sharma P. How efficient is the banking system of Asia's next economic dragon? Evidence from rolling DEA windows. Applied Economics, 2014, 46 (22): 2665-2684.
- [10] 成力为, 孙玮, 王九云. 要素市场不完全视角下的高技术产业创新效率——基于三阶段 DEA-Windows 的内外资配置效率和规模效率比较. 科学学研究, 2011, 29 (6): 930-938+960.
- [11] 熊鹰, 郭耀辉, 景晓卫, 等. 四川省重点生态功能区有机农业生产效率研究——基于三阶段 DEA 模型的实证分析. 中国农业资源与区划, 2017, 38 (10): 162-170.
- [12] 陈新华, 王厚俊. 基于生态效率评价视角的广东省农业生产效率研究. 农业技术经济, 2016 (4): 94-104.
- [13] 贺志亮, 刘成玉. 我国农业生产效率及效率影响因素研究——基于三阶段 DEA 模型的实证分析. 农村经济, 2015 (6): 48-51.
- [14] 郑旭媛, 徐志刚, 应瑞瑶. 城市化与结构调整背景下的中国粮食生产变迁与区域异质性. 中国软科学, 2014 (11): 71-86.
- [15] 王琛. 中国粮食生产率增长与技术选择研究. 中国农业科学院, 2015.

EVALUATION OF GRAIN PRODUCTION EFFICIENCY IN THE MAIN PRODUCTION AREA BASED ON THE THREE STAGE DEA-WINDOWS*

Zhang Fanfan¹, Zhang Qinan^{2*}, Li Fuduo³, Fu Huiyi¹, Yang Xinghong¹

(1. School of Management of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China;

2. School of Economics Lin Industry University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410004, China;

3. Institute of Agricultural Resources and Agricultural Zoning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract It has great theoretical and practical significance to reasonably evaluate the efficiency of grain production, recognize the current situation of grain production, and explore effective ways to improve grain production efficiency against the background of limited cultivable area and rapid development of urbanization. Based on the data of 13 provinces in the main producing areas from 2006 to 2015, this research adopted the methods of the three-stage DEA and DEA-Windows, which not only paid attention to the influence of external environment on grain production efficiency, but also to the dynamic variation rules of the grain production in the major producing areas, so as to evaluate the efficiency of grain production more accurately. The results revealed that exogenous environmental variables had marked impact on grain production efficiency. In the case, the increasing of disaster areas and economic

