

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2020.06.010

生态文明视角下农业生产效率评价 ——以广东省为例

方应波¹, 胡建团², 王厚俊¹

(1. 广州南洋理工职业学院 经济管理学院, 广东 广州 510925; 2. 武汉工程大学 管理学院, 湖北 武汉 430205)

摘 要: 根据 2010—2016 年广东省 21 个地级市的面板数据构建农业生产效率投入产出指标, 利用三阶段 DEA 模型对广东省农业生产效率进行实证。结果表明: 广东省农业综合技术效率持续提升, 规模效率是制约大部分地区农业生产效率的主要原因; 城镇化水平、科技和教育程度对农业生产效率有正向影响, 受灾面积对农业生产效率有负向影响, 农业财政支出对农业的支持并没有达到理想效果; 农业生产效率地区差异明显, 珠三角农业生产效率最高、粤北最低。基于这一结果, 提出各研究单元农业生产效率提升方向和推进新型城镇化进程、培育新型职业农民、引导绿色循环优质高效特色农业发展、完善土地流转制度的建议。

关键词: 农业; 技术效率; DEA; 生态文明; 生产效率

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2020)06-0067-09

引文格式: 方应波, 胡建团, 王厚俊. 生态文明视角下农业生产效率评价: 以广东省为例 [J]. 湖南工业大学学报, 2020, 34(6): 67-75.

An Agricultural Production Efficiency Evaluation from the Perspective of Ecological Civilization: A Case Study of Guangdong Province

FANG Yingbo¹, HU Jiantuan², WANG Houjun¹

(1. School of Economics and Management, Guangzhou Nanyang Polytechnic College, Guangzhou 510925, China;

2. School of Management, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

Abstract: According to the panel data of 21 prefecture-level cities in Guangdong Province from 2010 to 2016, the input-output index of agricultural production efficiency has thus been constructed, with the three-stage DEA model adopted to empirically analyze the agricultural production efficiency of Guangdong Province. The results show that the agricultural comprehensive technical efficiency of Guangdong province has kept improving, with the scale efficiency being the main reason that restricts the agricultural production efficiency in most areas; the urbanization level, science and technology and education level all exert a positive effect on the agricultural production efficiency, while the affected area has a negative effect on the agricultural production efficiency, the agricultural financial expenditure fails to achieve the ideal effect on the agricultural production efficiency. There is a distinct discrepancy between the agricultural production efficiency of the Pearl River Delta and the northern part of Guangdong Province, with the former being the highest area and the latter the lowest one of the production efficiency. A proposal has thus been made

收稿日期: 2019-10-24

基金项目: 广东省哲学社会科学规划基金资助项目 (GD19CYJ10), 广东省普通高校人文社会科学重点领域专项基金资助项目 (2019KZDZX2051), 广州南洋理工职业学院创新强校工程基金资助项目 (NY-2017CQ1TD-01)

作者简介: 方应波 (1980-), 男, 湖北大悟人, 广州南洋理工职业学院副教授, 硕士, 主要从事区域经济管理方面的教学与研究, E-mail: 21742339@qq.com

of the improvement of the production efficiency of each research unit, with a view to promoting the process of new urbanization, cultivating new type of professional farmers, guiding the development of green cycle, high quality and high efficiency characteristic agriculture, and perfecting the land circulation system.

Keywords: agriculture; technical efficiency; DEA; ecological civilization; production efficiency

0 引言

改革开放以来,伴随着以资源高投入和高产出为特征现代集约型农业的发展,农业环境问题和生态危机日益显现。据统计,2016年我国化肥使用强度超过国际警戒线的省份达27个,农药使用强度超过国际警戒线的省份有20个。根据广东省2017年统计年鉴,2016年广东省农用化肥使用强度达 540.31 kg/hm^2 ,高于当年我国化肥平均使用强度 359.1 kg/hm^2 和国际警戒线 225 kg/hm^2 ;广东省农药使用强度达 23.52 kg/hm^2 ,高于当年我国农药平均使用强度 10.4 kg/hm^2 和国际警戒线 7 kg/hm^2 。2017年,广东省出台推进农业供给侧结构性改革实施方案,提出以农业增效、农民增收、农村增绿为主要目标,以提高农业供给质量和效率为主攻方向,提高土地产出率、资源利用率、劳动生产率,走产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的广东特色农业现代化道路。方案就扎实推进农业绿色可持续发展,分别从强化质量安全监管、推进农业标准化生产和品牌创建、推进畜禽养殖废弃物治理行动、加强农业资源环境保护和大力建设生态屏障5个方面提出了具体任务指标。

综上,面对新一轮的农业改革浪潮,提高农业生产的资源利用效率是实现农业提质增效跨越式发展的关键所在。因此,基于农业生态文明的视角,构建能体现农业可持续发展诉求的指标体系,深入分析农业生产效率的影响机制,进而寻求瞄准靶向目标的对策建议,将为广东省农业绿色发展提供实实在在的“抓手”。

1 文献回顾

国外学者对效率的研究关注较早,在农业经济领域,A. Mccunn等^[1]、Y. Hayami等^[2]分别论证了美国和日本农业全要素生产率对农业产出的重要性;D. Sarker等^[3]以印度为研究对象,发现现代农业科技的推广与农业技术效率的相关性并不显著。跨国研究方面,D. Vollrath^[4]、D. Restuccia等^[5]发现农业生产效率与农业土地分配和国家总体生产力水平相关。对比国外相关研究,国内关于农业生产效率的研究起

步较晚,主要测算方法有方向性距离函数(directional distance function, DDF)、Malmquist-Luenberger生产率指数^[6]、拓展的SBM(slack-based measure)方向性距离函数和Meta-frontier效率函数^[7]、DEA(data envelopment analysis)-SBM模型和SBM-Undesirable模型^[8]等。在众多的研究方法中,非参数的数据包络分析法(DEA)由于不需要预设生产函数和权重,在解决多投入和多产出决策单元(decision making units, DMU)的相对效率方面优势明显,因而得到广泛推广。如洪开荣等^[9]基于DEA模型探索我国30个省份9a的农业生态效率及影响因素;吴振华等^[10]运用三阶段DEA模型对河南省农业土地生态效率进行了研究,研究认为规模效率是制约河南省农业生态效率的关键;余玉敏等^[11]以县域为研究单元,采用DEAP2.0软件研究了河南省近15a来农业生产效率的变化情况,并对农业生产效率的影响因素进行了定量分析。不同学者基于不同的研究方法和视角对中国农业生产效率进行了探讨,研究结果普遍表明:长期以来,我国片面追求农作物产量,没有处理好农业发展和农业生态环境的关系,从而导致农业生态遭到破坏,农业环境日益恶化,付出了巨大的资源和环境代价。

尽管DEA模型成为评价农业生产效率的主要方法之一,但仍然存在以下方面的问题:一是大部分研究在产出指标的选取上,仅以农业生产经济变量作为衡量目标,忽略了农业生产的非期望产出,如农业环境污染。据世界银行统计:每年我国农业资源和环境所付出的直接代价约占GDP的0.5%~1.0%,约有74亿美元包括农产品在内的出口商品因过量施用化肥和农药而受阻。在“坚持人与自然和谐共生”基本方略和“生态文明”发展理念的指导下,对于农业生产效率的评价应结合社会、经济和环境3个方面综合考量。二是中国农业生产环境地区差异较大,跨省大区域研究农业生产效率受制于环境和随机因素干扰,导致农业生产效率估算结果可信度较低。三是少有基于面板数据的农业生产效率在时间和空间维度的动态刻画。基于此,本研究利用2010—2016年共7a的面板数据,对广东省21个地级市的农业生产效率

进行动态测度,省如下两个创新点:1)从生态文明的视角界定投入产出指标,将农业环境污染纳入非期望产出;2)以地级市为决策单元,采用三阶段 DEA 模型,既克服了研究区域过大导致评价信度偏低的问题,又能有效剔除环境差异和随机因素的干扰。

2 研究方法及其指标选取

2.1 研究方法

三阶段 DEA 模型最早由 H. O. Fried 等^[12]提出,该模型最大优势在于可以剔除外部环境、随机因素等的干扰,估计的效率值更真实。三阶段 DEA 模型的构建步骤如下。

1)第一阶段,传统 DEA 模型。根据数据包络分析法的不同将假设分为两种:一种是假设生产规模收益不变的 CCR 模型;另外一种假设生产规模收益可变的 BCC 模型。由于农业生产效率评价的复杂性,多采用规模收益可变的 BCC 模型,该模型表示如下^[13]:

$$\begin{aligned} \text{Max } Y_k &= \sum_{r=1}^s \lambda_r y_{rk} - \mu_k; \quad r=1, 2, \dots, s; k=1, 2, \dots, n_o \\ \text{s.t. } &\begin{cases} \sum_{r=1}^s \theta_i x_{ik} = 1; \quad i=1, 2, \dots, m; \\ \sum_{r=1}^s \lambda_r y_{rk} - \sum_{r=1}^s \theta_i x_{ik} - \mu_k \leq 0; \quad \lambda_r \geq 0, \theta \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)中: n 为决策单元数量;

m 、 s 分别为投入和产出项数;

y_{rk} 为第 k 个决策单元的第 r 项产出;

x_{ik} 为第 k 个决策单元的第 i 项投入;

θ_i 为第 i 项投入的权重;

λ_r 为第 r 项产出的权重;

μ_k 为第 k 个决策单元的规模报酬(returns to scale, RTS)指标;

Y_k 为第 k 个决策单元的综合技术效率(technical efficiency, TE)。

另外, BBC 模型计算出来的综合技术效率可以进一步分解为纯技术效率(pure technical efficiency, PTE)和规模效率(scale efficiency, SE)^[14],即 $E_t = E_{pt} \times E_s$, 其中 E_t 为综合技术效率, E_{pt} 为纯技术效率, E_s 为规模效率。

2)第二阶段, SFA 回归模型。由于受环境因素(environmental effects)、管理无效率(managerial inefficiencies)和统计噪声(statistical noise)的影响,第一阶段的实际效率值不能反映真实水平,需要通过

构建 SFA 回归模型分离上述影响,对投入变量进行调整, SFA 回归模型如下:

$$S_{ik} = f(z_k, \beta_i) + v_{ik} + \mu_{ik}; \quad i=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, n_o. \quad (2)$$

式(2)中: S_{ik} 为第 k 个决策单元第 i 项投入的松弛变量值;

$z_k = (z_{1k}, z_{2k}, \dots, z_{pk})$ 为环境变量;

β_i 为待估计的未知参数;

$f_i(z_k, \beta_i)$ 为环境变量对投入冗余 S_{ik} 的影响;

$v_{ik} + \mu_{ik}$ 为组合误差项,其中 v_{ik} 为随机干扰, μ_{ik} 为管理无效率,一般假设, $v_{ik} \sim N(0, \sigma_{vi}^2)$, $\mu_{ik} \sim N^+(0, \sigma_{ui}^2)$ 。

定义 $\gamma = \mu_{ik} / (v_{ik} + \mu_{ik})$, 当 γ 接近 1 时,说明管理因素占主导; γ 接近 0 时,则表明随机干扰占主导。

利用 SFA 回归的估计系数对各决策单元原始投入变量进行调整,剔除环境因素和随机误差,将所有的决策单元置于同质的外部环境和随机干扰之下。调整公式如下:

$$\hat{x}_{ik} = x_{ik} + \left[\text{Max}_k \left(Z_k \hat{\beta}_i \right) - Z_k \hat{\beta}^i \right] + \left[\text{Max}_k \left(\hat{v}_{ik} \right) - \hat{v}_{ik} \right]; \quad i=1, 2, \dots, m; k=1, 2, \dots, n_o. \quad (3)$$

式(3)中: \hat{x}_{ik} 、 x_{ik} 分别为调整后投入和调整前投入;

$\hat{\beta}_i$ 为环境变量待估系数;

$\text{Max}_k \left(Z_k \hat{\beta}_i \right) - Z_k \hat{\beta}^i$ 表示对外部环境进行调整;

$\text{Max}_k \left(\hat{v}_{ik} \right) - \hat{v}_{ik}$ 表示把所有的决策单元置于同一

环境。

3)第三阶段,优化投入变量后的 DEA 模型。

将第二阶段调整后的投入变量 \hat{x}_{ik} 作为投入指标,仍以原始产出数据作为产出指标,再次利用规模收益可变的 BCC 模型测算各决策单元相对真实的效率值。

2.2 投入产出指标与环境变量选取

1)投入产出指标。基于生态文明坚持把节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针,根据农业生产追求投入最少、污染最小、经济效益最大的原则,综合对农业生产效率概念的理解和前人构建指标体系的基础^[10-11, 15-19]上,本研究选取机械动力投入、化肥投入、土地投入、劳动力投入、灌溉水资源投入、农业中间消耗 6 项指标作为投入变量;农业总产值和农作物单位面积产量 2 项指标作为产出变量;农业环境污染作为非期望产出指标,各项指标的选取情况及指标说明见表 1。

上述农业生产投入产出和环境变量中的各项数据均来自于 2011—2017 年的《广东统计年鉴》和

《广东农村统计年鉴》。参考已有相关研究成果, 农业环境污染数据根据主要污染源及排放系数进行测算^[10]:

$$\text{化肥污染量} = \text{化肥使用量} \times 65\%;$$

$$\text{农药污染量} = \text{农药使用量} \times 50\%。$$

考虑到 DEA 模型尽可能满足决策单元大于投入产出指标的 2 倍, 农业环境污染量由农药和化肥污染量经改进的熵权法合并。

2) 环境变量。农业生产效率除了受投入产出影响外, 还受宏观社会经济环境因素的制约。综合考量对农业生产效率产生影响但不在样本主观可控范围的环境因素, 本研究选取城镇化率、农业财政支出、农业内部结构、受灾面积、科技和教育程度作为环境变量指标。城镇化率反映农村人口向城镇转移的程度, 据已有文献研究: 一方面, 城镇化率与农业机械化水平之间呈正相关^[20], 城镇化水平提高 1%, 农

业机械化水平提高 1.09%; 另一方面, 城镇化水平提高, 农村分散土地适合规模化经营, 利于解决我国“人多地少”的矛盾。基于以上两个方面, 城镇化进程对农业生产效率有正向作用。农业财政支出力度反映财政对农业基础设施的投入力度和对农业生产条件的改善强度。农业财政支出力度越大, 农业生产效率越高。据已有研究^[21], 渔业和畜牧业所占比例对农业生产效率的影响具体表现为渔业比例与农业生产效率呈负相关, 畜牧业比例与农业生产率呈正相关, 用畜牧业产值占农林牧渔业总产值的比例来表征农业内部结构。自然灾害直接影响农业生产效率和农业生产经营者的收益, 用受灾面积反映自然灾害对农业生产的影响强度。一般来说, 专业技术协会会员掌握并运用农业信息化、现代化的能力越强, 农业劳动生产率越高, 用农村专业技术协会会员数来衡量科技和教育程度。

表 1 生态文明视角下农业生产效率投入产出指标

Table 1 Input-output index of agricultural production efficiency from the perspective of ecological civilization

指标类型	指标名称	指标选取依据及说明
投入指标	机械动力投入	农业机械总动力, 反映农业自动化投入强度, 单位: kW
	化肥投入	农用化肥施用量, 含氮肥、磷肥、钾肥和复合肥, 反映农业现代化情况, 按折纯量计算, 单位: t
	土地投入	考虑到弃耕现象和数据统计口径一致性, 用粮食作物播种面积反映农业土地投入情况, 单位: hm ²
	劳动力投入	农、林、牧、渔业从业人员, 反映农业人力资本投入情况, 单位: 万人
	灌溉水资源投入	用有效灌溉面积表征, 反映农业水资源投入情况, 单位: khm ²
	农业中间消耗	农业中间消耗总值, 反映农业物质消耗量的指标, 包括种子、饲草料、肥料、燃料、农药、地膜、耗电量、小农具购置、办公用品及其他和生产服务支出, 单位: 亿元
期望产出	农业总产值	农业、林业、牧业、渔业、农林牧渔服务业产值, 反映农业产出能力, 单位: 万元
	农作物单位面积产量	考虑到不同农作物单位面积产量差异很大, 用粮食作物单产量表征, 反映农作物产出水平, 单位: kg/hm ²
非期望产出	农业环境污染	用农药污染量和化肥污染量之和表征环境污染程度, 根据相关文献农药污染量和化肥污染量为对应的使用量乘以相应系数, 单位: t

3 实证分析

3.1 第一阶段传统 DEA 模型分析结果

运用 maxdea ultra 7.6 软件, 对式 (1) 所示 BCC 模型进行估算, 依次得出各决策单元农业综合技术效率 (E_t)、纯技术效率 (E_{pt})、规模效率 (E_s) 及规模报酬 (R_{is}), 在未剔除环境因素和随机误差影响的条件下, 所得计算结果见表 2。

从表 2 可以看出: 2010—2016 年, 广东省农业生产纯技术效率的平均值分别为 0.90, 0.92, 0.96, 0.98, 规模效率的平均值均为 0.99, 农业纯技术效率的平均值逐年上升但均低于规模效率; 比较各区域纯技术效率和规模效率, 2010—2016 年, 21 个地级市中规模效率大于纯技术效率有 19, 18, 11, 7 个。根据综合技术效率等于纯技术效率与规模效率的乘积,

相对于规模效率而言, 研究期间, 农业综合技术效率受纯技术效率影响偏大, 并以 2014 年为分水岭开始反转。

整体而言, 广东省农业综合技术效率整体水平较高且持续上升。2010—2016 年, 农业生产综合技术效率的平均值分别为 0.90, 0.91, 0.94, 0.97, 达到效率前沿面的 90%~97% 且呈持续上升的趋势, 2014 年以后农业生产效率增长显著。其中, 2010 年仅深圳一个地区 3 项效率值均为 1, 即均达到技术效率前沿面, 2014 年 3 项指标均处于技术效率前沿面的地区增加到 6 个, 2016 年达到 11 个。

由于传统 DEA 模型分析结果未有效剔除环境变量、管理无效和随机因素的干扰, 因而估计结果不能真实揭示各地区农业生产效率水平, 需要对第一阶段的投入变量进行调整。

表2 第一阶段广东省农业生产效率及构成变化

Table 2 Agricultural production efficiency with its composition change of Guangdong Province in the first stage

地区	2010 年				2012 年				2014 年				2016 年			
	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}
广州	0.87	0.92	0.95	↓	0.91	0.95	0.96	↓	0.95	0.98	0.97	↓	0.98	1.00	0.98	↓
深圳	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—
珠海	0.97	0.98	0.99	↑	0.98	0.98	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—
佛山	0.81	0.86	0.93	↓	0.88	0.96	0.91	↓	0.91	0.99	0.92	↓	1.00	1.00	1.00	—
东莞	0.91	0.95	0.95	↑	0.92	0.93	0.98	↑	0.98	0.99	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—
中山	0.93	0.93	1.00	↑	0.98	0.98	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—
惠州	0.88	0.88	1.00	↑	0.88	0.88	1.00	↓	0.92	0.92	1.00	↓	0.96	0.97	0.99	↓
肇庆	0.96	0.96	1.00	↓	0.97	0.97	1.00	↓	1.00	1.00	1.00	↓	1.00	1.00	1.00	—
江门	0.74	0.74	1.00	↑	0.77	0.79	0.98	↓	0.79	0.82	0.96	↓	0.87	1.00	0.87	↓
汕头	0.79	0.79	1.00	↑	0.82	0.83	0.98	↓	0.86	0.87	0.99	↓	1.00	1.00	1.00	—
汕尾	0.88	0.88	1.00	↑	0.88	0.88	1.00	↓	0.90	0.92	0.98	↓	1.00	1.00	1.00	—
潮州	0.86	0.87	0.99	↑	0.87	0.87	1.00	↓	0.92	0.92	1.00	↓	0.95	0.95	1.00	↓
揭阳	0.98	0.98	1.00	↓	0.98	0.99	1.00	↓	1.00	1.00	1.00	↓	1.00	1.00	1.00	—
阳江	0.87	0.87	1.00	↑	0.95	0.95	1.00	↑	0.99	0.99	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—
湛江	0.91	0.91	1.00	↓	0.91	0.96	0.96	↓	0.92	0.98	0.94	↓	0.92	1.00	0.92	↓
茂名	0.91	0.91	1.00	↓	0.93	0.95	0.98	↓	0.96	0.98	0.98	↓	1.00	1.00	1.00	—
韶关	0.89	0.89	1.00	↓	0.89	0.89	1.00	↓	1.00	1.00	1.00	—	0.91	0.91	1.00	↓
河源	0.91	0.91	1.00	↓	0.91	0.91	1.00	↓	0.93	0.93	1.00	↓	0.92	0.93	1.00	↓
梅州	0.88	0.88	1.00	↓	0.88	0.88	1.00	↓	0.90	0.90	1.00	↓	0.96	0.97	0.99	↓
清远	0.96	0.96	1.00	↑	0.96	0.96	1.00	↑	0.98	0.98	1.00	↑	0.98	0.99	1.00	↑
云浮	0.90	0.90	1.00	↓	0.90	0.91	1.00	↓	0.92	0.93	0.99	↓	0.93	0.95	0.98	↓
平均	0.90	0.90	0.99		0.91	0.92	0.99		0.94	0.96	0.99		0.97	0.98	0.99	

注：↓表示规模报酬递减，↑表示规模报酬递增，—表示规模报酬不变。

3.2 SFA 回归模型结果分析

SFA (stochastic frontier approach) 回归分析, 结果见

以第一阶段投入变量的松弛量作为被解释变量, 表3。

以5个环境变量作为解释变量, 采用 frontier4.1 进行

表3 SFA 模型回归结果

Table 3 Regression results of SFA model

变 量	机械动力投入 松弛变量	化肥投入 松弛变量	土地投入 松弛变量	劳动力投入 松弛变量	水资源投入 松弛变量	农业中间消耗 松弛变量
常数项	585 852.440 0*** (585 727.470 0)	50 473.541 0*** (2 072.157 7)	2 570 309.500 0*** (2 570 177.200 0)	43.330 2*** (20.238 8)	79.194 3*** (15.547 8)	2.807 2 (1.632 2)
城镇化率	-3 391.832 4*** (-2 779.518 7)	-356.148 4*** (-4.807 6)	-20 095.026 0*** (-19 563.438 0)	-0.293 5*** (-6.420 5)	-0.355 6*** (-3.917 2)	-0.096 3** (3.063 2)
农业财政支出	0.206 9 (1.353 2)	-0.036 0 * (-2.409 8)	-0.065 1 (-0.220 7)	0.000 0 (-1.280 8)	0.000 0 (0.258 9)	0.000 0 (0.719 5)
农业内部结构	174 830.890 0*** (174 829.990 0)	-3 845.396 1*** (-589.634 8)	65 055.518 0*** (65 055.457 0)	13.092 9*** (12.952 7)	16.013 9*** (8.520 1)	17.345 4*** (17.281 0)
受灾面积	0.634 0*** (4.571 3)	0.040 7*** (4.463 8)	0.272 1** (2.302 3)	0.183 4** (1.804 3)	0.643 5 * (1.902 4)	0.407 2** (3.802 4)
科技和教育程度	-31.566 8*** (-3.585 5)	-3.081 5*** (-6.845 9)	-62.088 4*** (-5.318 6)	-0.001 2*** (-6.453 2)	-0.002 1*** (-5.836 0)	-0.000 5*** (-4.241 9)
σ^2	2.476 5 E+11*** (2.476 5 E+11)	7.961 2 E+8*** (7.961 0 E+8)	1.115 3 E+12*** (1.115 3 E+12)	227.019 6*** (174.586 9)	1 007.168 3*** (853.209 9)	50.358 7*** (44.424 7)
γ	0.711 8*** (18.864 9)	0.595 9*** (11.205 5)	0.853 4*** (46.164 4)	0.669 8*** (15.758 7)	0.838 8*** (37.976 6)	0.762 3*** (23.377 9)
log likelihood	-2 072.617 4	-1 675.658 9	-2 141.736 3	-545.820 6	-611.580 1	-414.607 4
似然比检验	46.782 9	30.341 3	106.846 1	52.807 6	111.083 4	71.688 3

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著；括号里为 t 统计量。

分析表3中的数据可知, 管理无效率方差的占比 γ 介于 0.595 9~0.853 4, 且在 1% 水平上显著, 说明

进行第二阶段 SFA 回归分析是必要的。另由表 3 中对数似然函数值 (log likelihood)、似然比检验 (LR test of the one-side error) 可知, 估计效果较为理想。除农业财政支出外, 选取的环境变量对投入松弛变量均通过显著性检验, 表明外部环境对生态文明视角下的农业生产效率有显著影响 (农业财政支出仅与化肥投入松弛变量显著相关)。

根据环境变量与各投入松弛变量回归系数符号的含义 (回归系数为负, 说明环境变量越高, 各项投入冗余越小, 越有利于农业生产效率, 反之亦然。) 可以看出: 城镇化水平、科技和教育程度、受灾面积与预期相符, 即城镇化水平和农民文化素质越高, 越有利于提升农业生产效率, 而受灾面积越大, 越有可能增加各项投入冗余, 农业生产效率越低; 以畜牧业与农业比例表征的农业内部结构仅有利于减

少化肥投入冗余, 反而增加另外 5 项指标投入冗余, 该结果与邢慧茹等^[21]的结论相反, 这说明农业内部结构与农业生产效率的关系具有地区差异; 农业财政支出仅有利于减少化肥投入冗余, 但显著性仅为 10%, 与其它投入松弛变量均不显著或不相关, 实证结果与理论分析有出入, 但与陈新华等^[19]的研究结果一致, 说明广东省各地区的农业财政支出未能有效激励基于生态文明考量下农业生产效率的提升, 即地方财政对于农业的支持并没有达到理想效果。

3.3 第三阶段调整投入变量后的分析结果

将经过 SFA 调整后的投入变量再次代入 DEA 模型, 借助软件 maxdea ultra 7.6 进行上机运算, 得到剔除环境变量后的农业综合技术效率 (E_t)、纯技术效率 (E_{pt})、规模效率 (E_s) 及规模报酬 (R_{ts}), 计算结果见表 4。

表 4 第三阶段广东省农业生产效率及构成变化

Table 4 Agricultural production efficiency with its composition change of Guangdong Province in the third stage

地区	2010 年				2012 年				2014 年				2016 年			
	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}	E_t	E_{pt}	E_s	R_{ts}
广州	0.91	0.94	0.97	↑	0.95	0.97	0.99	↑	0.98	0.99	0.99	↑	1.00	1.00	1.00	—
深圳	0.71	1.00	0.71	↑	0.86	1.00	0.86	↑	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—
珠海	0.88	1.00	0.88	↑	0.97	1.00	0.97	↑	1.00	1.00	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—
佛山	0.86	0.96	0.90	↑	0.96	1.00	0.96	↑	0.99	1.00	0.99	↑	1.00	1.00	1.00	—
东莞	0.78	1.00	0.79	↑	0.82	1.00	0.82	↑	0.86	1.00	0.86	↑	0.92	1.00	0.92	↑
中山	0.82	0.97	0.85	↑	0.90	1.00	0.90	↑	0.90	1.00	0.90	↑	0.89	0.97	0.92	↑
惠州	0.85	0.91	0.93	↑	0.87	0.94	0.93	↑	0.88	0.95	0.93	↑	0.95	0.97	0.98	↑
肇庆	0.96	0.97	0.99	↑	0.97	0.98	0.99	↑	0.99	0.99	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—
江门	0.81	0.91	0.89	↑	0.89	0.96	0.93	↑	0.93	0.98	0.95	↑	1.00	1.00	1.00	—
汕头	0.85	0.95	0.89	↑	0.90	0.96	0.94	↑	0.92	0.97	0.95	↑	1.00	1.00	1.00	—
汕尾	0.80	0.92	0.88	↑	0.84	0.93	0.90	↑	0.87	0.94	0.92	↑	0.97	1.00	0.97	↑
潮州	0.80	0.99	0.80	↑	0.83	0.98	0.85	↑	0.84	0.99	0.85	↑	0.88	1.00	0.88	↑
揭阳	0.91	0.95	0.96	↑	0.94	0.97	0.97	↑	0.95	0.98	0.97	↑	1.00	1.00	1.00	—
阳江	0.86	0.94	0.91	↑	0.92	0.98	0.94	↑	0.96	0.99	0.97	↑	1.00	1.00	1.00	—
湛江	0.94	0.94	1.00	↑	0.95	0.96	0.99	↓	0.94	0.96	0.98	↓	0.97	1.00	0.97	↓
茂名	0.98	0.99	0.99	↑	0.99	0.99	1.00	↑	1.00	1.00	1.00	—	1.00	1.00	1.00	—
韶关	0.86	0.91	0.94	↑	0.88	0.93	0.95	↑	1.00	1.00	1.00	—	0.91	0.95	0.96	↑
河源	0.91	1.00	0.91	↑	0.92	1.00	0.93	↑	0.93	1.00	0.93	↑	0.95	1.00	0.95	↑
梅州	0.89	0.92	0.97	↑	0.89	0.91	0.98	↑	0.90	0.92	0.98	↑	0.95	0.97	0.98	↑
清远	0.93	0.99	0.94	↑	0.95	0.98	0.96	↑	0.97	1.00	0.97	↑	0.97	1.00	0.97	↑
云浮	0.89	0.96	0.93	↑	0.91	0.98	0.93	↑	0.92	0.98	0.94	↑	0.94	0.99	0.96	↑
均值	0.87	0.96	0.91		0.91	0.97	0.94		0.94	0.98	0.96		0.97	0.99	0.97	

注: ↓表示规模报酬递减, ↑表示规模报酬递增, —表示规模报酬不变。

对比调整前后结果, 发现广东省农业生产效率具有以下特征:

1) 整体上看, 广东省农业生产效率持续提升。2010—2016 年, 农业综合技术效率的平均值分别为 0.87, 0.91, 0.94, 0.97, 达到效率前沿面的地区从 0 个增加到 2016 年的 10 个, 效率水平持续上升, 与调整前相差不大; 纯技术效率平均值分别为 0.96, 0.97,

0.98, 0.99, 与调整前略有提升; 规模效率平均值分别为 0.91, 0.94, 0.96, 0.97, 与调整前略有下降。经过第二阶段的调整后, 广东省农业生产纯技术效率略高于规模效率, 说明受环境因素的影响, 纯技术效率在第一阶段被低估。

2) 从纯技术效率和规模效率的比较看, 2010—2016 年, 21 个地级市中纯技术效率大于规模效率的

分别有 13, 14, 13, 8 个。其中, 2016 年共有 16 个地区纯技术效率达到前沿面, 但只有 10 个地区规模效率达到前沿面。相对于纯技术效率而言, 规模效率成为制约大部分地区农业生产效率的主要原因, 这些地区农业综合生产效率的提升应在扩大农业投入规模上下功夫。

3) 从规模报酬结果来看, 2010—2016 年, 21 个地级市中规模报酬状态为递增的分别有 21, 20, 17, 10 个, 这些地区农业产出增长的比例大于生产要素投入增长的比例, 为了提高农业综合技术效率, 应适度扩大农业生产规模。规模报酬状态与规模效率研究结果相互佐证, 均表明广东省大部分地区农业综合技术效率提升的空间在于适度扩大农业生产要素投入。

4) 从 2016 年各地区农业生产效率看, 珠三角的广州、深圳、珠海、佛山、肇庆、江门农业综合技术效率、纯技术效率和规模效率均达到前沿面; 东莞、中山受规模效率影响, 农业综合技术效率相对较低, 应适当扩大生产要素的投入; 相对于珠三角其它地区, 惠州在纯技术效率和规模效率上均有提升空间。粤东地区的汕头、揭阳农业综合技术效率、纯技术效率和规模效率均达到效率前沿面, 是农业生产有效的地区; 潮州和汕尾均受制于规模效率, 尤其是潮州规模效率在整个广东省最低, 为提高综合技术效率, 需适当扩大投入。粤西地区的阳江和茂名农业生产各项效率指标均为 1, 说明该地区的投入产出是综合有效的, 即同时技术有效和规模有效; 湛江的纯技术效率为 1 但综合技术效率小于 1, 说明其改革的重点在于如何更好地发挥其规模效益。粤北 5 个地级市的农业综合技术效率均未达到前沿面, 农业生产效率在广东省四大经济地带中最低, 其中河源和清远纯技术效率均达到前沿面, 表明其投入资源的使用是有效的, 综合效率无效在于其规模无效, 应适当扩大农业生产要素的投入; 韶关、梅州和云浮的纯技术效率和规模效率均有提升潜力。

4 结论与对策建议

4.1 结论

采用 2010—2016 年广东省 21 个地级市的面板数据, 利用三阶段 DEA 模型对各决策单元的农业生产效率进行分析, 结果表明:

1) 整体上看, 研究期间广东省农业综合技术效率持续提升, 达到效率前沿面的地区从 2010 年的 0 个增加到 2016 年的 10 个。调整环境因素和随机误差后, 广东省农业平均纯技术效率与调整前略有提升, 平均规模效率与调整前略有下降, 制约综合技术效率

提高的主要因素由调整前的纯技术效率变为调整后的规模效率, 说明受环境因素的影响, 纯技术效率在第一阶段被低估。

2) 从 SFA 回归分析结果看, 外部环境对生态文明视角下的农业生产效率有显著影响, 说明进行第二阶段 SFA 回归分析剔除环境因素与随机因素是必要的。其中, 城镇化水平、科技和教育程度对投入冗余值产生正向影响; 受灾面积对投入冗余值产生负向影响; 以畜牧业与农业比重表征的农业内部结构对化肥投入冗余值产生正向影响, 对另外 5 项投入冗余产生负向影响, 研究结果与邢慧茹等^[20]人的结论不一致, 说明农业内部结构与农业生产效率的关系具有地区差异; 农业财政支出对化肥投入冗余值产生正向影响, 但显著性水平不高, 与其它投入冗余值均不显著或不相关, 实证结果与理论分析有出入, 但与陈新华等^[18]的研究结果一致, 说明广东省地方财政对于农业的支持并没有达到理想效果。

3) 从时间变化看, 研究报告期 (2010 年、2012 年、2014 年、2016 年) 广东省 21 个地级市中农业综合技术效率达到前沿面的地区分别有 0, 0, 4, 10 个; 纯技术效率达到前沿面的地区分别有 4, 6, 9, 16 个; 规模效率达到前沿面的地区分别有 1, 1, 5, 10 个; 其中研究报告期纯技术效率大于规模效率的分别有 13, 14, 13, 8 个。从广东省农业生产效率各项指标差异的时间维度看, 纯技术效率是推动各地区农业综合技术效率提升的主要动力。2016 年共有 16 个地区纯技术效率达到前沿面, 但只有 10 个地区规模效率达到前沿面, 相对于纯技术效率而言, 规模效率成为制约大部分地区农业生产效率的主要原因。规模报酬状态变化与农业生产效率变化结果趋同, 均表明广东省大部分地区农业综合技术效率提升的空间在于适度扩大农业生产要素投入。

4) 从空间差异看, 2016 年广东省农业综合技术效率、纯技术效率和规模效率均达到前沿面的地区中, 珠三角有 6 个 (广州、深圳、珠海、佛山、肇庆、江门), 粤东有 2 个 (汕头、揭阳), 粤西有 2 个 (阳江、茂名), 粤北 5 个地级市农业综合技术效率均未达到前沿面, 农业生产效率在广东省四大经济地带中最低。

4.2 对策建议

根据以上结论, 本研究提出如下对策建议:

1) 为了有效指导各行政单元的农业生产, 应根据其自身农业生产效率的特点, 针对性地改进提升。东莞、汕尾、潮州、湛江、河源、清远农业生产综合效率未达到前沿面的主要原因来自于规模效率而

非纯技术效率,应该加大农业现代化投入力度,使农业生产向集约化转型;中山、惠州、韶关、梅州、云浮农业生产规模效率和纯技术效率均未达到前沿面的地区,既要适当扩大农业生产要素的投入以发挥其规模效益,又要改进管理和技术水平以确保农业朝着健康持续的方向发展;对于另外 10 个处于生产前沿面的地区,应该在现有发展基础上,把发展高效生态农业作为现代农业的目标。

2) 以乡村振兴战略为契机,统筹推进新型城镇化发展,为农业人口转向城镇定居和生活提供平台,从而使零碎化的土地资源集中连片化,便于农业机械化作业和产业化经营,同时加大农业科技培训和普及农业产业化龙头企业协会会员制,加速农业科技信息、市场信息的转化力度,依托提升城镇化水平和科技教育投入提高农业生产效率。同时应尽快建立自然灾害应急管理体系、完善政府救灾体系和农业灾害保险制度,从不同层面降低农业受灾影响程度。

3) 持续优化农业财政投入结构,按照 2018 年中央 1 号文件精神和农业农村部、财政部出台的农业生产发展项目实施工作通知的指导意见,出台鼓励发展类、限制发展类和禁止发展类农业生产项目指导清单,以农业财政投入为指挥棒,重点引导绿色循环优质高效特色农业发展,同时加大对农业生产环境治理力度,建立有利于农业生产自然生态环境保护和优化的财政供给机制。

4) 完善土地流转制度,提高农业集约化水平。根据研究结果,规模效率成为制约广东省大部分地区农业生产效率的主要原因。从国外农场发展经验看,规模化发展是我国农业现代化的一部分。当前分散的家庭联产承包责任制以及中国人多地少的现状很难发挥土地的规模效应,而农业实现规模化的主要方式是土地流转。鉴于强制推行土地流转制度损害农民利益,因此各地区应该从自身情况出发,土地流转政策制定既要保障农民利益、维护承包商权益,又要防止社会资本流入土地流转后破坏农业根基。

参考文献:

- [1] MCCUNN A, HUFFMAN W E. Convergence in US Productivity Growth for Agriculture: Implications of Interstate Research Spillovers for Funding Agricultural Research[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2000, 82(2): 370-388.
- [2] HAYAMI Y, RUTTAN V W. Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: the United States and Japan, 1880—1960[J]. *Journal of Political Economy*, 1970, 78(5): 1151-1141.
- [3] SARKER D, DE S. High Technical Efficiency of Farms in Two Different Agricultural Lands: A Study Under Deterministic Production Frontier Approach[J]. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 2004, 59(2): 197-208.
- [4] VOLLRATH D. Land Distribution and International Agricultural Productivity[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2007, 89(1): 202-216.
- [5] RESTUCCIA D, YANG D T, ZHU X D. Agriculture and Aggregate Productivity: a Quantitative Cross-Country Analysis[J]. *Journal of Monetary Economics*, 2008, 55(2): 234-250.
- [6] 孟祥海,周海川,杜丽永,等. 中国农业环境技术效率与绿色全要素生产率增长变迁: 基于种养结合视角的再考察 [J]. *农业经济问题*, 2019, 40(6): 9-22.
MENG Xianghai, ZHOU Haichuan, DU Liyong, et al. The Change of Agricultural Environmental Technology Efficiency and Green Total Factor Productivity Growth in China: Re-Examination Based on the Perspective of Combination of Planting and Breeding[J]. *Problems of Agricultural Economy*, 2019, 40(6): 9-22.
- [7] 冉启英,王倍倍,周 辉. 碳排放约束下农业全要素能源效率增长及收敛分析: 基于 Malmquist-Luenberger 指数分解 [J]. *生态经济*, 2018(2): 47-53.
RAN Qiyang, WANG Beibei, ZHOU Hui. Agricultural Total Factor Energy Efficiency Growth and Convergence Under Carbon Emission Constraints: Based on Malmquist-Luenberger Index[J]. *Ecological Economy*, 2018(2): 47-53.
- [8] 郭四代,钱昱冰,赵 锐. 西部地区农业碳排放效率及收敛性分析: 基于 SBM-Undesirable 模型 [J]. *农村经济*, 2018(11): 80-87.
GUO Sidai, QIAN Yubing, ZHAO Rui. Analysis of Agricultural Carbon Emission Efficiency and Convergence in Western Region: Based on SBM-Undesirable Model[J]. *Rural Economy*, 2018(11): 80-87.
- [9] 洪开荣,陈 诚,丰 超,等. 农业生态效率的时空差异及影响因素 [J]. *华南农业大学学报(社会科学版)*, 2016, 15(2): 31-41.
HONG Kairong, CHEN Cheng, FENG Chao, et al. The Spatial Temporal Differences of Agricultural Eco-Efficiency and Its Influential Factors[J]. *Journal of South China Agricultural University (Social Science Edition)*, 2016, 15(2): 31-41.
- [10] 吴振华,雷 琳. 基于三阶段 DEA 模型的农业土地生态效率研究: 以河南省为例 [J]. *生态经济*, 2018(10): 76-80.
WU Zhenhua, LEI Lin. Study on Agricultural Land Ecological Efficiency Based on Three-Phase DEA Model: Taking Henan Province as an Example[J].

- Ecological Economy, 2018(10): 76-80.
- [11] 余玉敏, 陈万旭, 朱丽君, 等. 河南省农业生产效率测度及影响因素[J]. 水土保持研究, 2018, 25(5): 262-268.
- YU Yumin, CHEN Wanxu, ZHU Lijun, et al. Study on the Measurement and Influencing Factors of Agricultural Production Efficiency in Henan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, 25(5): 262-268.
- [12] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, et al. Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 17(1/2): 157-174.
- [13] 徐书彬, 叶晗堃. 跨境电商上市企业经营效率评价: 基于三阶段 DEA 模型[J]. 技术经济与管理研究, 2019(10): 75-81.
- XU Shubin, YE Hankun. Evaluation on the Operating Efficiency of Cross-Border E-Commerce Listed Enterprises: Based on Three-Stage DEA[J]. Journal of Technical Economics & Management, 2019(10): 75-81.
- [14] 刘子飞, 王昌海. 有机农业生产效率的三阶段 DEA 分析: 以陕西洋县为例[J]. 中国人口资源与环境, 2015, 25(7): 105-112.
- LIU Zifei, WANG Changhai. Organic Agricultural Production Efficiency Based on a Three-Stage DEA Model: a Case Study of Yang County, Shaanxi Province[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(7): 105-112.
- [15] 李 杨, 樊雯雯. 湖南省农业循环经济发展有效性评价与调控措施[J]. 经济地理, 2017, 37(4): 182-189.
- LI Yang, FAN Wenwen. Effectiveness Evaluation and Control Measures of the Development of the Agricultural Recycle Economy in Hunan Province[J]. Economic Geography, 2017, 37(4): 182-189.
- [16] 郑德凤, 郝 帅, 孙才志. 基于 DEA-ESDA 的农业生态效率评价及时空分异研究[J]. 地理科学, 2018, 38(3): 419-427.
- ZHENG Defeng, HAO Shuai, SUN Caizhi. Evaluation of Agricultural Ecological Efficiency and Its Spatial-Temporal Differentiation Based on DEA-ESDA[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(3): 419-427.
- [17] 王宝义, 张卫国. 中国农业生态效率的省际差异和影响因素: 基于 1996—2015 年 31 个省份的面板数据分析[J]. 中国农村经济, 2018(1): 46-62.
- WANG Baoyi, ZHANG Weiguo. Cross-Provincial Differences in Determinants of Agricultural Eco-Efficiency in China: an Analysis Based on Panel Data from 31 Provinces in 1996—2015[J]. Chinese Rural Economy, 2018(1): 46-62.
- [18] 李子君. 基于 DEA 的辽宁省农业生产效率分析[J]. 农业经济, 2018(2): 54-56.
- LI Zijun. Analysis of Agricultural Production Efficiency in Liaoning Province Based on DEA[J]. Agricultural Economy, 2018(2): 54-56.
- [19] 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[J]. 农业技术经济, 2016(4): 94-104.
- CHEN Xinhua, WANG Houjun. Study on Agricultural Production Efficiency in Guangdong Province from the Perspective of Ecological Efficiency Evaluation[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2016(4): 94-104.
- [20] 邓 鑫, 漆雁斌, 于伟咏. 城镇化率与农机化程度的关系研究[J]. 农机化研究, 2017, 39(2): 42-46.
- DENG Xin, QI Yanbin, YU Weiyong. Study on the Relationship Between Urbanization Rate and Agricultural Mechanization Level[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2017, 39(2): 42-46.
- [21] 邢慧茹, 张晓骏, 邓 义. 农业生产效率与其影响因素相关关系实证分析: 基于湖北省数据[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(12): 198-203.
- XING Huiru, ZHANG Xiaojun, DENG Yi. Empirical Analysis on the Relationship Between Agricultural Production Efficiency and Its Influencing Factors: Based on the Data of Hubei Province[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(12): 198-203.

(责任编辑: 申 剑)