

刘鹏凌, 王富友, 王玉婧. 乡村振兴背景下我国小规模生猪养殖生产效率分析——基于三阶段 DEA 模型研究 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(4): 138-145.

乡村振兴背景下我国小规模生猪养殖生产效率分析 ——基于三阶段 DEA 模型研究

刘鹏凌¹, 王富友¹, 王玉婧²

(1. 安徽农业大学经济管理学院, 安徽 合肥 230036; 2. 四川大学经济学院, 四川 成都 610207)

摘要:【目的】在乡村振兴背景下, 对不同地区小规模生猪养殖效率进行分析, 以期为我国小规模生猪养殖产业发展提供政策建议。【方法】利用 2016 年我国 25 个省(市、自治区)小规模生猪生产的投入、产出以及环境数据, 通过三阶段 DEA 模型测算出各地区的生产效率。【结果】在未剔除环境因素和统计噪声前, 我国小规模生猪养殖生产效率被低估。地区经济发展水平对小规模生猪生产效率的影响不明显, 地区对外开放程度和政府对于农业支持力度的提高能显著减少小规模生猪养殖的投入冗余。【结论】改善生猪产业的发展环境有利于小规模生猪养殖生产效率的提高, 政府的支持能有效提升小规模生猪的生产效率, 各地区应加强农业扶持的针对性。

关键词: 小规模生猪养殖; 生产效率; 技术效率; 规模效率; 三阶段 DEA 模型

中图分类号: F326.3

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)04-0138-08

Analysis on Production Efficiency of Small-scale Pig Breeding in China Under the Background of Rural Revitalization — Based on Three-stage DEA Model

LIU Pengling¹, WAN Fuyou¹, WANG Yujing²

(1. Economics and Management College, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China ;

2. Economics College, Sichuan University, Chengdu 610207, China)

Abstract: 【Objective】 Under the background of rural revitalization, this paper analyzed the efficiency of small-scale pig breeding in different areas in order to provide policy recommendations for the development of small-scale pig breeding industry in China. 【Method】 Based on the input, output and environmental data of small-scale pig production in 25 provinces (municipalities/autonomous regions) of China in 2016, the production efficiency of each region was estimated by three-stage DEA model. 【Result】 The results showed that the production efficiency of small-scale pig breeding in China was underestimated before environmental factors and statistical noise were eliminated. The regional economic development level has no obvious impact on the production efficiency of small-scale pig breeding. The increase of regional openness and government's support for agriculture can significantly reduce the investment redundancy of small-scale pig breeding. 【Conclusion】 The improvement of the development environment of pig industry is conducive to improving the production efficiency of small-scale pig breeding. The government's support can effectively improve the production efficiency of small-scale pigs. The pertinence of agricultural support should be strengthened in all regions.

Key words: small-scale pig breeding; production efficiency; technical efficiency; scale efficiency; the three stage DEA

收稿日期: 2019-01-28

基金项目: 安徽省教育厅科学研究基金 (SK2018A0132)

作者简介: 刘鹏凌 (1971—), 男, 博士, 副教授, 研究方向为农业生产者行为特征及影响因素, E-mail:

1359186261@qq.com

【研究意义】党的十九大报告首次提出实施乡村振兴战略，产业兴旺是实施乡村振兴的前提和保障。规范和适度发展农村小规模养殖业有利于提高农业资源利用率、改善农业农村生态环境。猪肉为我国居民主要的肉类食品，近年来生猪产业发展迅速。根据养殖数量生猪养殖模式可划分为散养（养殖数量在30头以下）、小规模养殖（养殖数量30~100头）、中规模养殖（养殖数量100~1000头）、大规模养殖（养殖数量超过1000头）。在乡村振兴战略实施的背景下，分析小规模生猪养殖模式的生产效率，对我国小规模生猪养殖进行相关政策引导具有重要意义。

【前人研究进展】已有学者对我国生猪的生产效率进行了研究。朱庆武等^[1]通过对我国大规模生猪生产效率分析，发现各地区生猪生产效率存在差异。徐雯霞^[2]对我国各省不同生猪养殖方式进行研究，发现散养的养殖方式比大规模养殖需要更多的生产投入。张圆圆等^[3]对山东省不同养殖方式的生猪生产效率进行对比分析，结果发现小规模养殖方式的生产效率最低，大规模养殖方式的生产效率最高。王刚毅等^[4]利用DEA-Tobit两步法测算了黑龙江生猪养殖的生态效率，并分析了生态效率影响因素。杜红梅等^[5]构建SE-DEA模型对我国生猪主产区规模养殖的环境效率进行测算，结果表明整体上生猪规模养殖环境效率呈现出明显的区域和规模差异。王德鑫等^[6]基于DEA-Malmquist生产率指数法测度了我国规模化生猪养殖效率的变动情况，结果表明我国规模化生猪养殖效率均呈现正向增长，其中小规模养殖效率最高。

【本研究切入点】国内学者的研究大多集中在对生猪不同养殖方式生产效率的比较，运用三阶段DEA模型对小规模生猪养殖生产效率的研究并不完善。而综合养殖成本与经济效益，小规模生猪养殖是乡村进行适度生猪养殖的一种重要养殖方式。三阶段DEA方法减少了环境和随机因素对效率测算结果的影响，相较于传统的效率研究方法更能真实地反映各地区生猪的生产效率。【拟解决的关键问题】本研究选用三阶段DEA模型对小规模生猪养殖的生产效率进行分析，先采用BBC模型根据原始的投入数据对各地区的效率值进行测算，然后利用环境数据建立SFA模型对各单元的投入值进行调整，进而测算出调整后的我

国小规模生猪养殖的生产效率，并对剔除环境和随机误差前后各地区的生产效率进行对比分析。

1 模型与数据

1.1 理论模型

1978年，Charnes等在单输入、单输出的工程效率概念基础上提出了第一个DEA模型——C2R模型^[7]，该模型的产生扩大了人们对生产理论的认识，也为评价多目标问题提供了有效途径^[8]。而后Banker等提出了针对可变规模报酬的BBC模型，将前模型中的综合技术效率分解为规模效率与纯技术效率，剔除经营规模因素影响之后的纯技术效率能更准确地反映决策单元的经营管理水平^[9]。DEA模型可以分为投入导向型和产出导向型两种模型，投入导向型DEA模型是在产出水平一定的条件下，投入最小化的规划问题；产出导向的DEA模型是在投入水平一定的条件下，产出最大化的规划问题^[10]。本文选用投入导向型DEA模型对小规模生猪养殖进行生产效率评价，探讨产出水平一定的条件下的投入最小化问题。

1.1.1 第一阶段 使用投入导向型BBC模型进行小规模生猪养殖生产效率的测算，采用规模可变的DEA模型得出的效率结果剔除了经营规模的影响，能更加准确地反映决策单元的经营管理水平^[11-20]。对于任一决策单元，模型构建如下：

$$\begin{aligned} \min & \theta - \varepsilon(\hat{e}^T S^- + \hat{e}^T S^+) \\ & \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + S^- = Q_x \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \\ \lambda_j k \geq 0, S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{array} \right. \quad (1) \end{aligned}$$

式中， $j=1,2,\dots,n$ 表示决策单元， X 、 Y 分别为投入、产出向量。

BCC模型计算出来的效率值为综合技术效率（*crste*），可以进一步分解为纯技术效率（*vrste*）与规模效率（*scale*），且综合技术效率 = 规模效率 × 纯技术效率。

1.1.2 第二阶段 采用SFA模型剔除随机变量和环境因素的影响。一般认为投入冗余的存在是因为管理无效率、统计噪声和环境因素三者的影响，因此第二阶段的目的就是剔除统计噪声和环境因素，并对原始投入进行调整。

首先,以第一阶段的投入松弛变量为被解释变量,以经济发展水平、对外开放程度和政府对农业支持力度3个环境变量为解释变量,分别构建SFA回归模型。根据Fried等的模型理论,投入冗余的分离表达式如下:

$$S_{ni}=f(Z_i;\beta_n)+v_{ni}+u_{ni}; i=1,2,\dots,I; n=1,2,\dots,N \quad (2)$$

式中, S_{ni} 表示第*i*个决策单元第*n*项投入的松弛值; Z_i 表示环境变量, β_n 为环境变量的系数; $v_{ni}+u_{ni}$ 表示混合误差项,其中 u_{ni} 表示管理无效率, v_{ni} 表示统计噪声。随机误差项 $v_{ni} \sim (0, \sigma_v^2)$,即零点截断正态分布,表示随机干扰项对投入松弛的影响;管理无效项 $u_{ni} \sim (0, \sigma_u^2)$,表示管理因素对投入松弛的影响,同样服从在零点截断的正态分布。

根据式(2)的计算结果,对原始投入进行调整,调整公式如下:

$$X_{ni}^A = X_{ni} + \left[\max(f(Z_i; \hat{\beta}_n) + \max[\max(v_{ni}) - v_{ni}]; i=1, 2 \dots N \right] \quad (3)$$

式中, X_{ni} 和 X_{ni}^A 分别表示调整前和调整后的投入; $\left[\max(f(Z_i; \hat{\beta}_n) - f(Z_i; \hat{\beta}_n)) \right]$ 是对决策单元受到的环境因素的调整,剔除环境因素对决策单元效率值的影响; $\max[\max(v_{ni}) - v_{ni}]$ 是将所有的决策单元置于相同的运气水平下。

关于管理无效率的推导,国内学者存在一定的分歧^[12],本研究采用的公式与陈巍巍等^[21]、罗登跃^[22]的公式一致,具体公式如下:

$$E(\mu|\varepsilon)\sigma^* \left[\frac{\varphi(\lambda \frac{\varepsilon}{\sigma})}{\varphi(\lambda \frac{\varepsilon}{\sigma}) + \lambda \frac{\varepsilon}{\sigma}} \right] \quad (4)$$

式中, $\sigma^* = \frac{\sigma_v \sigma_u}{\sigma}$, $\sigma = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}$, $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$, φ 、 ϕ 分别为正态分布和标准正态分布。

1.1.3 第三阶段 调整后的DEA模型。此阶段仍然选用投入导向型BBC模型进行效率测算。将第二阶段得到的调整后的投入值代入模型,重复第一阶段的步骤,得到调整后各决策单元的效率值。在剔除了环境因素和统计噪声后,该结果更能准确地反映各决策单元真实的经营效率。

1.2 数据与变量

由于受地区经济发展状况和自然条件的限制,我国一些地区不适宜发展生猪养殖产业,如北京、上海、西藏等,因此本研究对这些地区

进行了剔除。考虑到数据的代表性和可得性,选取了来自不同生猪产区的25个地区,这些地区的猪肉产量占全国的92.5%。为消除各地区价格水平的影响,选取小规模生猪养殖的主产品产量作为三阶段DEA模型的产出变量。综合考虑生猪养殖实际投入和数据的可获得性,选取了5个生猪主要的投入指标作为模型的投入变量,其中生猪每头用工数量作为小规模生猪养殖的人工投入指标,粮食消耗数量和精饲料消耗数量作为物料投入指标,其他投入指标选取了医疗防疫费和燃油动力费,选取用量指标可以排除各地物价水平不一致对效率测算带来的影响。上述5个指标的数据来源于国家统计局网站、各地区统计局和《全国农产品成本收益统计资料汇编2017》。

为剔除环境因素对模型生产效率测量的影响,还需选择适当的环境变量。环境变量必须为模型决策单元无法控制但是对投入松弛产生影响的宏观变量。本研究选取以下3个环境变量:

(1)地区经济发展水平。地区经济整体的发展水平会对该地区生猪产业的各个环节产生影响,用各地区人均GDP指标来体现,数据来源于全国各地区统计局官网。(2)地区政府对农业支持力度。当地政府对农业发展的支持力度,将对当地的小规模生猪养殖户的投资意愿、收益水平产生直接影响。由于数据可取得性的限制,本研究采用各地区财政支出中农林水事务支出占其财政预算比率来反映,数据来源于各地区的2017年统计年鉴。(3)对外开放程度。地区经济的对外开放程度,在一定程度上反映了当地经济的贸易状态对当地生猪产业各生产环节产生的环境影响。本研究用各地区进出口总额占地区GDP总额的比率来反映地区经济的对外开放程度,数据来源于各地区统计局网站、统计年鉴和国家统计局网站。

2 实证分析

2.1 第一阶段:传统DEA分析

将我国25个地区小规模生猪养殖原始投入产出数据导入Deap2.1软件进行生产效率的测算,具体结果见表1。

表 1 我国各地区小规模生猪养殖生产效率值
Table1 Production efficiency of small-scale pig breeding in various regions of China

省份 Province	综合技术效率 Crste	纯技术效率 Vrste	规模效率 Scale	规模报酬 Returns to scale
河北 Hebei	0.995	1	0.995	irs
山西 Shanxi	0.820	0.954	0.859	irs
辽宁 Liaoning	0.870	0.874	0.996	irs
吉林 Jilin	0.886	0.900	0.984	irs
黑龙江 Heilongjiang	0.775	0.969	0.799	irs
内蒙古 Neimenggu	0.989	1	0.989	drs
江苏 Jiangsu	0.902	1	0.902	irs
浙江 Zhejiang	1	1	1	-
安徽 Anhui	0.942	0.948	0.993	irs
广西 Guangxi	1	1	1	-
海南 Hainan	1	1	1	-
江西 Jiangxi	0.925	0.947	0.977	irs
山东 Shandong	0.971	1	0.971	irs
河南 Henan	0.860	0.880	0.977	irs
湖北 Hubei	0.899	0.922	0.976	irs
湖南 Hunan	0.976	1	0.976	drs
广东 Guangdong	1	1	1	-
贵州 Guizhou	1	1	1	-
云南 Yunnan	1	1	1	-
重庆 Chongqing	0.962	1	0.962	irs
四川 Sichuan	1	1	1	-
陕西 Shaanxi	0.760	0.894	0.850	irs
甘肃 Gansu	0.903	0.922	0.979	irs
青海 Qinghai	0.940	1	0.940	irs
宁夏 Ningxia	0.849	0.947	0.897	irs
平均 Average	0.929	0.966	0.961	

注：综合技术效率 = 规模效率 × 纯技术效率，“irs”表示规模报酬递增，“drs”表示规模报酬递减，“-”表示规模报酬不变。

Note: crste = vrste × scale, “irs” represents increasing returns to scale, “drs” represents diminishing returns to scale, “-” represents constant return to scale.

由第一阶段 BBC 模型测算结果（表 1）可以看出，全国 25 个地区整体处于较高的效率水平。我国小规模生猪养殖的综合效率较高，25 个地区的平均值达到 0.929。纯技术效率和规模效率水平较为接近。《全国生猪生产发展规划（2016—2020 年）》将我国不同地区进行了明确的生猪生产定位。在 4 个生猪生产区（生猪重点发展区、约束发展区、潜力增长区、适度发展区）中，重点发展区（河北、山东、河南、重庆、广西、四川、海南）的综合效率均值最高，为 0.97。在生猪约束发展区中，仅浙江和广东处于效率的前沿面，技术效率和规模效率均为 1；其次是湖南省处于较高的效率水平，综合效率为 0.976；江苏、江西、安徽和湖北处于较低的效率水平，综合效率水平在 0.9 左右。在生猪重点发展区中，广东、海南、四川处于技术前沿面，纯技术效率、规模效率和综合效率值都为 1；河北、山东和重庆也处于较高的效率水平，综合效率值均在 0.96 之上；河南处于较低的综合效率水平，主要受到了纯技术效率的制约。在潜力增长区（辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古）中，贵州和云南处于效率的前沿面，综合效率为 1；其次为内蒙古，综合效率为 0.989；辽宁、吉林、黑龙江三省综合技术效率处于较低水平，均在 0.9 以下。适度发展区整体的效率水平较低，综合技术效率水平均在 0.95 以下，其中陕西效率水平最低，存在较大的改进空间。

2.2 第二阶段：相似随机前沿 SFA 分析

模型第二阶段的目的是剔除环境因素和统计

表 2 相似 SFA 模型回归系数
Table 2 Result of similar SFA model regression coefficient

投入变量 Input variables	每头用工数量 Labor per head	精饲料数量 Quantity of concentrate feed	耗粮数量 Consumption of grain	燃料动力费 Fuel and power cost	医疗防疫费 Medical and epidemic prevention fees
常数项 C	0.056	20.053***	13.528***	2.389*	8.607***
Constant term C	(0.680)	(20.340)	(13.828)	(2.591)	(8.841)
经济发展水平 Economic development level	0.891***	-1.685*	-0.535	-0.115*	-0.004
development level	(7.065)	(-2.936)	(-1.497)	(-2.653)	(-0.019)
对外开放程度 Degree of opening-up	-1.229***	-27.593***	-24.567***	-1.651	-10.950***
Degree of opening-up	(-9.194)	(-27.663)	(-24.57)	(-1.651)	(-10.95)
农业支持力度 Agricultural support	-3.969***	-133.141***	-83.970***	-15.315***	-69.350***
Agricultural support	(-4.058)	(-133.16)	(-84.00)	(-15.32)	(-69.41)
组合误差 Sigma-squared	0.88*	481.54***	338.70***	2.93*	22.66***
Sigma-squared	(2.78)	(481.62)	(338.70)	(2.97)	(22.670)
伽玛值 Gamma value	1.00***	1.00***	1.00***	1.00***	1.00***
Gamma value	(8561.51)	(110640.89)	(198202.89)	(22039.75)	(159358.61)

注：括号内为相应估计的 t 统计量的值；*、**、*** 分别表示达 10%、5%、1% 显著水平。

Note: The value in parentheses is the value of t -statistics for corresponding estimates; *, **, *** represent significance level at 10%, 5% and 1%, respectively.

噪声。首先以环境变量为解释变量,并根据原始DEA的结果计算各决策单元的投入冗余值,将其作为被解释变量,对每一项投入分别进行随机前沿分析。为了进行后面的调整,将各个回归模型中的系数值整理如表2所示。

回归结果中5个SFA模型的LR值(单边误差检验值)都显著超过了临界值,回归均通过了单边广义似然比检验,说明本研究采用随机前沿模型是合理的。从表2可以看出,环境变量对投入松弛变量回归的 γ 值都为1,且都在1%水平上显著,说明在对环境变量的影响中管理因素占据主导地位。由表中 t 统计量值可看出,大部分的回归系数都在1%显著水平上通过了检验,而且地区对外开放程度和农业支持力度的提高将有助于提高地区小规模生猪养殖生产投入的使用效率。

回归结果中,回归系数的正负代表对应的环境变量对投入冗余的影响,如系数为正值说明对应的环境变量有利于减少该投入冗余,有利于提高决策单元的技术效率;反之同理。回归系数的绝对值大小代表了对应环境变量对投入冗余影响的剧烈程度,绝对值越大则影响越大。由表2可以看出绝大部分系数为正值,农业支持的回归系数绝对值最大,说明改善农业支持力度对小规模生猪养殖生产效率的提高影响显著。

(1) 地区经济发展水平。经济发展水平与用工数量投入松弛的系数为正值,说明随着经济发展水平的提高,小规模生猪养殖的用工投入冗余也随之提高。反映了经济发展好的地区反而存在更多的用工投入浪费,主要是因为经济发展较好地区使用了更加先进的养殖设备和养殖技术,但小规模生猪养殖者未能及时减少人工投入来控制劳动力成本。经济发展水平与精饲料和燃油动力的投入松弛均为负数,表明伴随着地区经济发展水平的提高会有利于减少我国小规模生猪养殖的精饲料投入和燃油动力投入的浪费,提高了精饲料和燃油动力投入的利用效率。耗粮数量和医疗防疫费的投入松弛变量的系数未能通过检验。与另外两个环境变量相比,经济发展水平与各投入松弛变量回归系数的显著性检验并不是很理想,回归系数也都较小,说明地区的经济发展水平对小规模生猪养殖的影响较小。

(2) 对外开放程度。对外开放程度与本研

究选取的我国小规模生猪养殖5个投入变量的投入松弛回归系数均为负值,且大多都通过了1%显著水平检验,说明对外开放程度的提高有利于小规模生猪养殖各项投入冗余的减少,提高了各项投入的利用效率。其中精饲料数量、耗粮数量和医疗防疫投入松弛的回归系数较大,说明对外开放程度对这3项投入效率的影响较为显著。当地经济对外开放程度提高时,更多先进的养殖技术、养殖设备和管理经验得到应用,给当地的生猪养殖者带来更多可选择的养殖方案,进而提高了一系列投入的使用效率,减少了各项投入的浪费。

(3) 政府对农业的支持力度。采用农业支出占当地政府财政支出的比例来反映政府对农业的支持力度,该指标综合反映了政府对地区小规模生猪养殖产业的影响。政府对农业的支持力度与选取的5个投入指标的投入松弛回归系数均为负值,且全部都通过了1%显著水平检验,说明政府对农业支持力度的提高有利于小规模生猪养殖各项投入冗余的减少,提高了各项投入的利用效率。其中对精饲料数量、耗粮数量、燃料动力费、医疗防疫费的投入松弛变量的回归系数较大,说明农业支持力度对这4项投入效率的影响较为显著。以财政投入为特征的政府对农业的支持,为农业产业带来了全方面的发展便利。对于生猪养殖产业而言,政府的支持为养殖户带来更多的技术指导、人员培训和科学管理方法等,显著提高了养殖户对各项投入的使用效率,大幅度减少了盲目投入带来的资源浪费。

通过对第二阶段结果分析表明,3个环境变量对我国小规模生猪生产效率的影响较为明显,说明第一阶段中各地区小规模生猪养殖的生产效率测算结果不能真实反映实际的效率水平。因此需要对各投入项进行调整,以剔除环境因素和随机因素对效率测算带来的影响。

2.3 第三阶段:调整后的DEA分析

结合第二阶段SFA模型得出的系数结果,对传统DEA模型的投入数据进行调整得到新的投入数据,代入软件Deap2.1进行运算,得到调整后的效率测算结果(表3)。

从表3可见,经第二阶段的投入调整,第三阶段各地区的效率值总体升高,各地区变化情况有差异。调整后2016年我国25个省份小规模生

表 3 经调整后的我国各地区小规模生猪养殖生产效率值
Table 3 Adjusted production efficiency of small-scale pig breeding in various regions of China

省份 Province	综合技术 效率 Crste	纯技术效 率 Vrste	规模效率 Scale	规模报酬 Returns to scale
河北 Hebei	1	1	1	-
山西 Shanxi	0.938	0.986	0.952	irs
辽宁 Liaoning	0.881	0.884	0.996	drs
吉林 Jilin	0.942	0.957	0.984	drs
黑龙江 Heilongjiang	0.837	0.895	0.935	irs
内蒙古 Neimenggu	0.960	1	0.960	drs
江苏 Jiangsu	0.943	0.978	0.965	irs
浙江 Zhejiang	1	1	1	-
安徽 Anhui	0.988	1	0.988	drs
广西 Guangxi	1	1	1	-
海南 Hainan	1	1	1	-
江西 Jiangxi	0.975	0.977	0.997	drs
山东 Shangdong	1	1	1	-
河南 Henan	0.903	0.906	0.997	drs
湖北 Hubei	0.977	0.980	0.997	irs
湖南 Hunan	1	1	1	-
广东 Guangdong	0.959	0.965	0.994	drs
贵州 Guizhou	1	1	1	-
云南 Yunnan	1	1	1	-
重庆 Chongqing	1	1	1	-
四川 Sichuan	1	1	1	-
陕西 Shaanxi	0.845	0.899	0.940	irs
甘肃 Gansu	0.909	0.915	0.994	drs
青海 Qinghai	0.910	1	0.910	irs
宁夏 Ningxia	0.877	0.926	0.947	irs
平均 Average	0.954	0.971	0.982	

注：综合技术效率 = 规模效率 × 纯技术效率，“irs”表示规模报酬递增，“drs”表示规模报酬递减，“-”表示规模报酬不变。

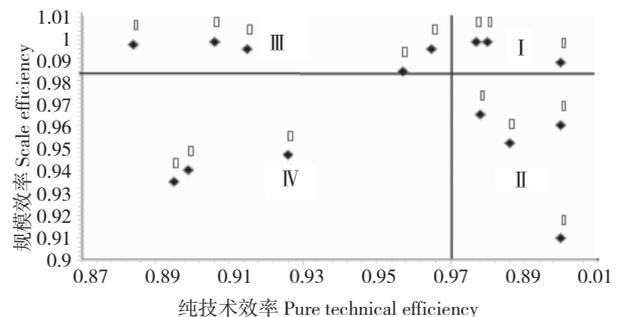
Note: crste = vrste × scale, “irs” represents increasing returns to scale, “drs” represents diminishing returns to scale, “-” represents constant return to scale.

猪养殖的纯技术效率均值为 0.97。在调整后的 4 个生猪生产区中，仍是重点发展区的综合效率平均值最高、为 0.986，其次是约束发展区、为 0.977，潜力增长区和适度发展区的综合效率均值分别为 0.937 和 0.896。在重点发展区中，河北、山东、广东、广西、海南、重庆和四川都处在效率的前沿面；河南的综合效率值较低、为 0.903，主要受到了纯技术效率的制约。在约束发展区中，浙江、湖南两省处于效率的前沿面，综合效率值为 1；安徽、江西、湖北和广东的综合效率值较高，均在 0.95 以上；江苏省的综合效率较低，为 0.943，更多受到了规模效率的制约。在潜力发展区中贵州和云南处于效率的前沿面，综合效率值为 1；

除内蒙古外，辽宁、吉林、黑龙江的综合效率值均在 0.95 以下，存在较大的改进空间。适度发展区整体综合效率值都较低，其中山西和青海的规模效率较低，应适当进行扩大养殖规模；而陕西、甘肃和宁夏则主要技术效率较低，应调整生产养殖技术，改善管理模式。

对比表 1 和表 3，调整之后全国 25 个省区的综合效率平均值由 0.929 上升到 0.954，纯技术效率平均值由 0.966 上升到 0.971，规模效率平均值由 0.961 上升到 0.982。处于效率前沿面的地区由调整前的 7 个增加到 10 个，且增加的河北、山东和重庆 3 个地区都属于生猪重点发展区。全国大部分省（市、自治区）的效率水平有不同程度的提高，说明调整前存在效率值被高估的情况。经过调整后，处于规模报酬递增的省区由原来的 7 个显著提升到 16 个，说明处于规模报酬递减的省区由原来的 7 个减少为 2 个，说明环境因素对各省区规模收益扩大有显著影响。

除去调整后综合效率为 1 的 10 个省区，按照郭亚军等^[13]的方法，以剩下的 15 个省区的纯技术效率和规模效率平均值为临界值，将我国小规模生猪养殖生产效率分为 4 个类型。由图 1 可以看出，全国 25 个省区中，属于“双高型”的包括 10 个处于技术前沿面的地区以及江西、湖北、安徽，这 13 个地区大多属于生猪的约束发展区，小规模生猪养殖的改进空间较小。属于“高低型”的地区包括江苏、山西、内蒙古和青海 4 个地区，这些地区小规模生猪养殖的技术效率明显高于规模效率。而辽宁、河南、甘肃、广东和吉林 5 个地区属于“低高型”，这些地区的规模效率高于纯技术效率，小规模生猪养殖的生产效率主要受



I 为双高型，II 为高低型，III 为低高型，IV 为双低型
I : double high type, II : high-low type, III : low-high type, IV : double low type

图 1 小规模生猪生产效率分布
Fig. 1 Distribution map of small-scale pig production efficiency

到纯技术效率的制约,应该改进养殖技术来提高生产效率。属于“双低型”的地区包括黑龙江、陕西和宁夏,这3个地区的规模效率和纯技术效率都较低,受到了纯技术效率和规模效率的双重制约,只能进行约束性发展。

3 结论与启示

基于2016年全国25个省区小规模生猪养殖的投入与产出数据,根据三阶段DEA模型的实证分析,得出以下结论:(1)经过调整后我国生猪小规模养殖生产效率更多受到技术效率的制约,且环境因素对生产效率影响显著,被调整前的效率值被低估。(2)对外开放程度的提高将有利于小规模生猪养殖各项投入冗余的减少。地区政府对农业的支持也有利于各项投入利用效率的提高,能显著减少我国小规模生猪养殖投入的浪费。(3)在未达到效率前沿面的地区中,“双高型”地区大多来自生猪约束发展区,应该选择提高效率前沿面的效率提升对策。其他3种类型集中在地区经济发展不充分或者农业产业落后的地区,这些地区的效率改进空间大,应该有针对性地选择适当扩大生产规模或提高管理水平,或两者结合共同提高生产效率。

根据上述结论,对我国小规模生猪生产得出以下启示:(1)改善地区生猪产业的发展环境有利于地区小规模生猪养殖生产效率的提高。尤其要重视提高地区对外开放程度以及加大对农业的支持力度。(2)对于处于技术前沿面和“双高型”的地区,应当选择能够提高效率前沿面的提升对策;对于处于“高低型”的地区要适当扩大生产规模以更加有效地提高生产效率;对于处于“低高型”的地区则应采取策略提升管理水平;对于处于“双底型”的地区,应该兼顾提高生猪生产的技术水平和适当扩大生产规模。(3)加强农业扶持的针对性,提高政策效率。由第二阶段SFA的结果可看出,农业支持的提升能够显著减少生猪生产的投入冗余。因此优化农业支持政策,将政府的推力用在生猪生产的短板上,将有效提高我国小规模生猪生产的综合效率。

参考文献 (References):

[1] 朱庆武,张小盟,吴敏.基于三阶段DEA模型的我国大规模生猪养殖生产效率分析[J].黑龙江畜牧兽医,2017(2):14-19.doi:10.13881/j.cnki.hljxmsy.20161111.001.

- ZHU Q W,ZHANG X M,WU M. Production efficiency analysis of large-scale pig breeding in China based on three-stage DEA model [J]. *Heilongjiang animal husbandry and veterinary medicine*,2017(2):14-19.doi:10.13881/j.cnki.hljxmsy.20161111.001.
- [2] 徐雯霞.我国生猪不同饲养规模的成本效率比较[D].杭州:浙江工商大学,2010.doi:10.7666/d.Y1862327.
- XU W X. Cost efficiency comparison of different hogs in China [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University,2010.doi:10.7666/d.Y1862327.
- [3] 张园园,孙世民,季柯辛.基于DEA模型的不同饲养规模生猪生产效率分析:山东省与全国的比较[J].中国管理科学,2012,20(S2):720-725.doi:10.16381/j.cnki.issn1003-207X.2012.s2.009.
- ZHANG Y Y,SUN S M,JI K X. Analysis of pig production efficiency at different scales based on DEA model: comparison between Shandong province and China [J]. *Chinese Journal of Management Science*,2012,20(S2):720-725.doi:10.16381/j.cnki.issn1003-207X.2012.s2.009.
- [4] 王刚毅,申玉琢,王舫.基于DEA-Tobit法的生猪养殖生态效率估算及影响因素分析——以黑龙江省为例[J].东北农业大学学报(社会科学版),2018,16(4):13-18,25.
- WANG G Y,SHEN Y Z,WANG F. Estimation of ecological efficiency of live pig breeding based on DEA-Tobit method and analysis of influencing factors: a case study of heilongjiang Province [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*,2018,16(4):13-18,25.
- [5] 杜红梅,李孟蕊,王明春,胡梅梅.基于SE-DEA模型的中国生猪规模养殖环境效率时空差异研究[J].中国畜牧杂志,2017,53(1):131-137.doi:10.19556/j.0258-7033.2017-01-131.
- DU H M,LI M R,WANG M C,HU M M. SE-DEA model was used to study the spatiotemporal differences in the environmental efficiency of large-scale pig breeding in China [J]. *Chinese Journal of Animal Science*,2017,53(1):131-137.doi:10.19556/j.0258-7033.2017-01-131.
- [6] 王德鑫,黄珂,郑炎成,李谷成.中国规模生猪养殖效率测度及其区域差异性研究——基于DEA-Malmquist指数方法[J].浙江农业学报,2016,28(7):1262-1269.doi:10.3969/j.issn.1004-1524.2016.07.23.
- WANG D X,HUANG K,ZHANG Y C,LI G C. A study on the scale pig breeding efficiency measurement and its regional difference in China-based on dea-malmquist index method [J]. *Zhejiang Agricultural Journal*,2016,28(7):1262-1269.doi:10.3969/j.issn.1004-1524.2016.07.23.
- [7] 马占新.广义数据包络分析方法[M].北京:科学出版社,2012:3-4.
- MA Z X. Generalized data envelopment analysis [M]. Beijing: Science Publishing House,2012:3-4.
- [8] 谢杰,金钊,李鹏.中国生猪养殖生产效率的时空特征差异研究[J].农业经济问题,2018(6):49-57.doi:10.13246/j.cnki.iae.20180523.001.
- XIE J,JIN K,LI P. A study on the spatiotemporal characteristics of the production efficiency of pig breeding in China [J]. *Agricultural economics* [J]. *Issues in Agricultural Economy*,2018(6):49-57.doi:10.13246/j.cnki.iae.20180523.001.
- [9] Banker R D,Charnes A,Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J].

- Management Science*,1984,30 (9): 1078-1092.
- [10] 金春雨,程浩,宋广蕊.基于三阶段 DEA 模型的我国区域旅游业效率评价[J].旅游学刊,2012,27(11):56-65.doi:1002-5006(2012)11-0056-10.
- JIN C Y,CHENG H,SONG G R. Efficiency evaluation of regional tourism in China based on three-stage DEA model [J]. *Journal of Tourism*,2012,27(11):56-65.doi:1002-5006(2012)11-0056-10.
- [11] Fried H O, Lovell C A K, Schmidt S S, Yaisawarng S. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2002, 17 (2):157-174.
- [12] 韩玥,刘鹏凌.我国大规模肉鸡养殖生产效率分析——基于三阶段 DEA 模型[J].云南农业大学学报(社会科学),2017,11(6):1-6.doi:10.3969/j.issn.1004-390X(s).2017.06.001.
- HAN Y,LIU P L. Analysis on production efficiency of large-scale broiler breeding in China - based on three-stage DEA model [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*,2017,11(6):1-6.doi:10.3969/j.issn.1004-390X(s).2017.06.001.
- [13] 郭亚军.基于三阶段 DEA 模型的工业生产效率研究[J].科研管理,2012,33(11):16-23.
- GUO Y J. Research on industrial production efficiency based on three-stage DEA model [J]. *Scientific Research Management*,2012,33(11):16-23.
- [14] JIANG M Y, QI C J. Measurement and Analysis of Agricultural Production Efficiency in Taiwan of China Based on Three-stage DEA Model [J]. *Asian Agricultural Research*,2018,10(7):10-15,18.doi:10.19601/j.cnki.issn1943-9903.2018.7.003.
- [15] 廖翼,周发明.中国生猪养殖生产效率的实证分析——基于 DEA-Malmquist 指数法[J].技术经济,2012,31(5):93-98.
- LIAO Y,ZHOU F M. An empirical study on the production efficiency of pig breeding in China-based on dea-malmquist index method [J]. *Technology Economics*,2012,31(5):93-98.
- [16] 王琛,何忠伟,高然,刘芳.我国生猪生产技术效率分析——基于 DEA 模型的实证研究[J].农业展望,2012,8(2):42-45,50.
- WANG C,HE Z W,GAO R,LIU F. Technical efficiency analysis of pig production in China—an empirical study based on DEA model [J]. *Agricultural Outlook*,2012,8(2):42-45,50.
- [17] 杨湘华.中国生猪业生产的技术效率研究——基于 DEA 方法的应用[J].华商,2008(10):81-82.
- YANG H H. Study on technical efficiency of pig production in china: based on the application of DEA method [J]. *Chinese Businessman*,2008(10):81-82.
- [18] 甘林针,王雨林,陈蓉,张立中.基于 DEA 模型的不同饲养规模生猪生产效率分析——以四川省为例[J].黑龙江畜牧兽医,2017(16):23-26,292.doi:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2017.1394.
- GAN L Z,WANG Y L,CHEN R,ZHANG L Z. Production efficiency analysis of pigs with different feeding scales based on DEA model—a case study of sichuan province [J]. *Heilongjiang animal husbandry and veterinary medicine*,2017(16):23-26,292.doi:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2017.1394.
- [19] 付霖炜.我国大规模生猪养殖生产效率及其影响因素研究[D].南昌:江西农业大学,2016.doi:CNKI:CDMD:2.1016.280744.
- FU L W. Study on production efficiency of large-scale pig breeding in China and its influencing factors [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University,2016.doi:CNKI:CDMD:2.1016.280744.
- [20] 罗利平.基于 DEA-Tobit 模型的中国生猪生产效率研究[D].成都:四川农业大学,2015.
- LUO L P. Study on Chinese pig production efficiency based on dea-tobit model [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University,2015.
- [21] 陈巍巍,张雷,马铁虎,刘秋缝.关于三阶段 DEA 模型的几点研究[J].系统工程,2014,32(9):144-149.
- CHEN W W,ZHANG L,MA T H,LIU Q S. Some research on three-stage DEA model [J]. *Systems Engineering*,2014,32(9):144-149.
- [22] 罗登跃.三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记[J].统计研究,2012,29(4):104-107.doi:10.19343/j.cnki.11-1302/c.2012.04.017.
- LUO D Y. Notes on inefficient estimation of three-stage DEA model management [J]. *Statistical Research*,2012,29(4):104-107. doi:10.19343/j.cnki.11-1302/c.2012.04.017.

(责任编辑 崔建勋)