

基于超越对数随机前沿分析的农户生产效率实证研究

——以甘肃省农户种植业为例

张宇¹,李书婧²,朱立志¹

1. 中国农业科学院 农业经济与发展研究所, 北京 100081

2. 中南财经政法大学 文澜学院, 湖北 武汉 430073

摘要: 农户生产效率是提高农业产量, 增加农民收入的关键因素。本研究采用超越对数随机前沿生产函数, 测算了甘肃 295 户的农户种植业生产技术效率, 并对影响因素进行理论与经验分析。研究表明, 目前甘肃农户农业生产技术效率偏低, 平均农户生产技术效率为 64.2%, 种植面积、化肥农药等生产资料投入量、农户年龄、接受农业培训程度等对技术效率带来明显的正效应。因此, 在现有的要素投入与技术水平下, 通过推行适度规模经营, 改善资源配置, 加强农业人力资本投入、深化农业科技力度, 改变资源消耗型农业生产方式, 当地种植业产出仍有提高空间。

关键词: 种植业生产; 农户生产效率; 随机前沿分析

中图分类号: [S-9]

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2017)03-0390-06

Empirical Study on the Production Efficiency on Basis of Translog Stochastic-Frontier Analysis

——The case of Crop Farming in Gansu Province

ZHANG Yu¹, LI Shu-jing², ZHU Li-zhi¹

1. Institute of Agricultural Economics and Development, CAAS, Beijing 100081, China

2. Wenlan School of Business/Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China

Abstract: Production efficiency is a key factor to increase agricultural output and income. In this study, the stochastic frontier production function was used to estimate the production efficiency of 295 households in Gansu, and analyzed the influencing factors theoretically and experimentally. The results show, at present, the agricultural production efficiency in Gansu is low, the average efficiency is 64.2%. The amount of input, such as planting area, chemical fertilizer and pesticide, as well as the farmer ages, the degree of agricultural training etc, all these have the obvious positive effect on production efficiency. Under the current input and technology level, there is a large scope to increase production through promoting land large-scale management, optimizing the allocation of resource, strengthening human capital investment and technical innovation and change resource consumption type of agricultural production

Keywords: Agricultural production; production efficiency; Stochastic-Frontier Analysis

增加农业生产要素投入量与提高农业生产效率是提高农业综合生产能力的两大重要手段。然而, 随着人口增加与经济发展, 我国农业资源稀缺状况日趋严重, 在此背景之下, 农业生产效率的提高显得尤为重要。由于, 我国农业长期出于分散经营状态, 缺乏规模化、专业化的生产, 科技含量不高, 整体缺乏市场意识, 因此农业生产效率一直偏低。农户是农业生产的直接参与者, 农业生产效率的提高必须建立在农户生产效率提高的微观基础之上^[1]。

国内外学者对农业生产效率问题做了大量的研究。国内学者的研究主要有两方面: 一是利用统计数据对全国或一省的农业生产技术效率进行测算。田维明^[2]利用前沿生产函数测算了中国粮食生产的技术效率并分析了其决定因素。刘万利等^[1]运用数据包络分析法(DEA)利用我国从 1991 年到 2003 年的农户投入产出数据对我国农户的综合生产效率、纯技术效率和规模效率进行了研究。二是利用农户数据对农户的农业生产行为及效率进行研究。肖芸等^[3]以陕西关中 3 县 209 户农户为对象, 通过运用随机前沿分析方法测算当地粮食种植的生产技术效率, 以此来分析农户的种植生产技术效率与种植规模之间的关系。李谷成等^[4]在 13 个油菜主要种植省份随机选取了 1486 户农户, 基于生产效率视角, 从增产、增收、增效和技术推广 4 个方面对良种补贴政策在我国油菜主产区的实施效果进行实证评价。国外的学者也运用随机前沿分析法或数据包络分析法对农作物种植的技术效率进

收稿日期: 2016-09-12

修回日期: 2016-10-09

基金项目: 国家自然科学基金(71173221); 中国农业科学院科技创新工程: 农业资源环境与政策项目(ASTIP-IAED-2015-07)

作者简介: 张宇(1984-), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 农业资源环境经济. E-mail: zhangyu@caas.cn

数字优先出版: 2017-03-13 <http://www.cnki.net>

行了大量的研究,例如印度,菲律宾的水稻生产效率^[5]、肯尼、亚埃塞俄比亚的玉米种植^[6]、越南的橡胶生产^[7]和巴基斯坦的棉花种植^[8]等。

甘肃位于青藏、内蒙古和黄土三大高原交汇地带,是我国西部农业生产大省^[9],农作物主要以种植马铃薯为主,品种单一,农业增产增收方式仍依赖于化学生产资料投入的传统农业生产方式。目前全省农牧业发展的基础很薄弱,水资源供需矛盾突出,生态环境脆弱,农牧业发展的可持续性不强。对于甘肃等西北地区农业生产而言,加强农业可持续发展能力,意味着必须用较少的生产资料投入和较低的环境代价来获得较大的农业经济发展。面对日益短缺的资源禀赋,充分发挥农户的生产潜力,提高农业生产效率就成为其实现农业可持续发展的重要途径。对甘肃地区农业生产效率的研究,目的在于分析其农业发展在现有的技术或资源投入情况下生产活动对当地农民可能带来的最大满足程度,及农业发展对资源、环境的依赖程度。本文选择了甘肃省定西市与临夏市作为案列点,以该县2013年295户农户的样本数据为基础,通过建立超越对数型柯布-道格拉斯函数(Cobb-Douglas function),利用随机前沿分析方法,测算当地农户的种植业生产技术效率,并分析造成农户技术效率差异的影响因素。

1 研究方法

农户生产效率研究启始于1970年,主要测算方法有以随机前沿分析法(Stochastic Frontier Approach, SFA)为代表的参数方法和以数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)为代表的非参数方法两种。由于相对于DEA,随机前沿分析法(SFA)一是具有统计特征,可以对模型本身和模型中的参数进行检验,二是随机产生的生产前沿函数,与DEA的固定产生模式比较,能够反映样本之间的差异性,更加符合现实,因此目前被广泛应用。

1977年,Aligner、Lovell和Schmidt与Meeusen和Broeck提出随机前沿分析法(SFA),1992年,Battese和Coeli在此基础上,提出关于面板数据的随机前沿生产函数。本研究考虑到SFA可以在精确描述对农业生产要素在农业生产过程中作用的同时,纳入经典白噪声项,从而充分显示出随机因素对生产前沿的影响,更加符合农业生产的现实特征,因此在借鉴Battese和Coeli对数型柯布-道格拉斯生产函数模型的基础上,将模型设定如下:

$$\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1(A_i) + \beta_2 \ln(L_i) + \beta_3 \ln(C_i) + \beta_4 \ln(W_i) + v_i + u_i \quad (1)$$

在方程(1)中, Y 代表农户的种植业总收入; A 表示农户在种植业生产中的土地投入, L 表示人工投入, C 表示化肥农药投入, W 表示其他物质费用,如:种子、农膜、灌溉水电费等; i 代表第 i 个农户样本; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 分别代表农户在种植业生产中的各种投入品所对应的产出弹性。方程误差项有两部分组成,第一部分为随机误差项,用 v 表示, $v_i \in iid$ 并服从 $N(0, \sigma_v^2)$,主要代表种植业生产中的不可控因素;第二部分为无效率项,用 μ 表示,用 $\mu_i \in iid$ 并服从 $N(0, \sigma_\mu^2)$,代表仅对第 i 个农户的随机影响因素,且 v_i 和 μ_i 之间是相互独立的^[10]。

$$\text{技术无效率函数表示为: } \mu_i = \delta_0 + \delta_1 \text{Age}_i + \delta_2 \text{Schooling}_i + \delta_3 \text{Extention}_i + \mathcal{E} \quad (2)$$

在方程(2)中, \mathcal{E} 为随机变量, δ_i 为待估计系数^[11]。

$$\text{农户生产技术效率表示为: } TE_i = \frac{Y_i}{\exp[f(x_i, \beta) + v_i]} = \exp(-\mu_i) = Y_i / Y_i^* \quad (3)$$

方程(3)中, Y_i 代表被观察样本的实际产出收入, Y_i^* 代表在现有的投入水平下可能达到的最大产出,样本农户的技术效率 TE_i ,即为在相同的生产资料投入情况下,第 i 个农户样本实际产出量与最佳产出量之间的差距。 TE_i 的取值在0和1之间,当 TE_i 取值越接近1,说明农户的生产效率越接近最佳。

$$\gamma = \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_v^2 + \sigma_\mu^2} \quad (4)$$

方程(4)中, γ 代表代估参数。在统计检验中,如果 $\gamma=0$,表示原假设被接受,即所有被观测农户的生产点都位于前沿生产曲线上,农户生产技术效率达到最佳。在本研究中,拟用似然比对原假设进行检验。

2 实地调查与样本描述

2014年7~8月,调研组赴甘肃省开展了关于农业生产的农户随机抽样调查。此次调研主要集中在定西市和临夏州,一共涉及8个自然村,所有问卷均采用调查员入户一对一的问卷访谈形式,共收集有效农户问卷295份。调查问卷主要包括四大部分,即人口统计信息、家庭收入与支出情况、农业生产情况、农村新能源使用概况及当地科技、生态扶贫的相关情况。

2.1 调研地点

定西市位于甘肃省中部,总面积20330 km²,地处黄土高原、甘南高原、陇南山地的交汇地带,属黄土高原丘陵沟壑区。气候属于中温带半干旱区降水较少,日照充足温差较大。农作物种植已马铃薯为主,被命名为“中国马铃薯之乡”。2014年定西市全年粮食作物播种面积4.23×10⁹ m²,粮食总产量1.59×10⁹ kg。其中,种植马铃薯1.92×10⁹ m²,产量6.09×10⁹ kg。农民人均纯收入为4600元。

临夏州位于黄河上游,在甘肃省中部西南面,东临定西市,西倚青海省,南靠甘南藏族自治州,北濒兰州市,是甘肃西南重要的商品集散地和汉藏贸易枢纽。总面积8169 km²,海拔1735~4636 m之间,地处温带半湿润区和高寒湿润区的过渡带,属于温带半湿润气候,气候因素随海拔高度变化十分明显。2014年全州粮食总产量7.6×10⁹ kg,农业机械化率35%,农民人均收入为8310元。

2.2 样本特征分析

表 1 调查样本的户主个体特征情况
Table 1 Personal characteristics of samples

项目 Items	样本数(295) Samples			
	均值 Mean	最大值 Max	最小值 Min	标准差 SD
受教育年数 (年)	6.45	65	25	9.8
年龄(岁)	48.54	16	0	4.0
家庭劳动力数 (人)	3.97	12	1	1.8
接受到农业培训 (%)	26			

a)括号里的数字表示标准差率,下同。a) Numbers in bracket showed the standard rate. The same as follows.

从总体上看,被调查农户的户主个体特征差异较大(表1),并以男性居多。年龄主要集中在45~65岁之间,其中最大的65岁,最小的只有25岁。大部分户主接受过相当于小学学历的教育,平均受教育6.5年,高中及高中以上学历的农户只占了样本数的5%,整体调查对象学历水平偏低。被调查农户家庭平均劳动力3.9人,其中大部分家庭的劳动力人口数在2~5人之间。

表 2 调查农户家庭收入组成情况
Table 2 Family income of samples

收入项目 Income items	总样本(295) Samples		
	元/年 Yuan/year	% Percentage	
务农收入 (元)	粮食	6638.3	28.9
	经济作物	178.7	0.8
	饲养禽, 畜	1212.8	5.3
	农业总收入	8029.7	34.9
非农收入 (元)	打工	14210.4	61.8
	其他非农收入	753.8	3.3
	非农总收入	14964.2	65.1
总收入 Total incomes	22993.8	100.0	

被调查农户家庭年均总收入22993.84元,其中农业收入8030元,非农收入14964元,分别占总收入的35%、65%。目前农民外出打工收入仍然是家庭收入的主要来源,占总收入的61.8%(表2)。

表 3 调查样本描述性统计

Table 3 The descriptive statistics information of samples

项目 Items	总样本(295) Samples			
	均值 Mean	最大值 Max	最小值 Min	标准差 SD
种植业生产收入(元/年)	6910	54792	123	7921.2
耕地面积 (亩)	12	50	0	9.9
雇佣劳动力投入 (人次)	3	80	2	39.0
农药化肥投入 (元/年)	1087	5000	0	1087.4
其他资本投入 (元/年)	1470	23472	0	1757.0

表3反应了样本农户种植业生产投入产出变量的主要统计指标。被调查农户农业种植生产平均利润为6910元/年。平均种植面积为8004 m²,其中种植面积最大的33350 m²,最少的0 m²,由于耕地经营规模小,地块小而分散,加上农业经营效率低等原因,农户普遍不愿意对耕地进行投资。在种植业生产过程中,样本农户年均劳动力投入3人次,农药化肥投入1087元/年,而其他物质性费用,如投入的机械折旧费、杀虫剂、农膜、灌溉水电费等投入1470元/年。

为了更好的了解农户的农业生产状况,在调研过程中,我们还询问了目前农户在农业生产中面临的困难与问题。从表4中可以看出在种植业生产中,资金和技术的短缺是目前农户遇到的最大问题,仅有17%的农户曾经接受过农业科技培训,11%的农户采纳了测土配方技术,由于当地政府对农作物新品种的推广,有38%的农户采用了作物新品种。

表4 调查农户关于农业生产的相关情况

Table 4 Agricultural production situation in the sample villages

调查项 Survey items	样本(295) Sample	
	选项 Selection	% Percentage
种植业目前遇到的主要难题是什么? (多选)	a) 资金短缺	63.4
	b) 技术缺乏	43.0
	c) 水资源不足	43.6
	d) 劳动力不足	34.9
	e) 土地规模小	15.4
	f) 其他	4.4
接受过农业科技培训		17.4
采纳测土配方施肥		11.7
引进了农作物新品种		38.3

3 模型分析

本研究利用Frontier4.1软件对甘肃省农户种植业生产效率进行随机前沿分析。首先采用最大似然估计法对构建的随机前沿生产函数模型进行显著性检验。设定原假设 $H_0:\gamma=0$;备择假设 $H_1:\gamma\neq 0$ 。回归模型的LR单边检验值为19.79,大于显著性水平为0.01的单边检验临界值(15.09),拒绝模型原假设,即表明相对于传统的C-D生产函数,随机前沿生产函数能够更准确的描述农户种植业生产过程。其次,对估计值 γ 进行统计检验。结果显示 γ 估计值为0.91,且通过1%的显著性检验,说明随机扰动项的变化有91%来源于纯粹的技术无效率,仅有9%来自于统计误差等不可控随机误差项。综合而言,本研究所选用的随机前沿生产函数模型设置合理,且模型拟合效果较优。

表5 生产函数估计结果

Table 5 Estimation results of stochastic frontier production function

项目 Items	相关系数 Coef.	显著性检验 Significance	标准差 SD
前沿生产函数			
耕地面积	0.066	***	0.004
劳动力投入	0.016	***	0.009
农药化肥投入	0.024	*	0.029
其他资本投入	0.061	*	0.015
技术非效率影响因素估计			
户主年龄	-0.030	**	0.015
户主受教育年限	0.009		0.034
是否有参加过培训	-0.402	*	0.320
LL		-280	
AIC		581	
Multi-co. Mean VIF		1.3	
Frontier			
技术效率			
Mean TE		0.740	
Max.		0.893	
Min.		0.105	
样本数		285	

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%显著性水平下显著。Note:***、**、* present the significance in the level of 1%,5%,10%.

3.1 模型估计及分析

3.1.1 户主年龄及接受农业技术培训与农业生产效率成显著正相关关系 目前调研地点的农业生产还是传统的耕作方式，现代技术的使用几乎没有，因此农户年纪越长比起年轻农户更具备农业生产的常识，所积累的生产与管理经验也相对丰富，对促进生产效率有正效应。而农户接受农业知识或技术等相关培训，对农业生产的科学化、精细化管理有最直接的影响。其他学者的研究中也指出农户户主接受农业培训对优势生产技术的推广和生产风险的防范都有显著的正面影响^[12]，不仅能提高农户自身接受和应用现代化农业技术的能力，同时也具有非常强的正外部性，激励更多的人力资本投入^[13]。

3.1.2 农户受教育程度与农业生产效率没有显著的相关关系 常规理解，农户受教育程度对农户运用农业新技术、接受新产品有正向影响，从而提高农业生产技术效率。但在实际调研中发现，当农户受教育程度达到一定程度后，其从事非农业或兼业的比率会大大提高，对农业生产的重视和投入也相应降低，不利于农业生产技术效率提高，甚至产生反作用效应^[14]。

3.1.3 农户家庭耕地面积与农业生产效率成显著的正相关关系 小规模与大规模农户在生产技术效率方面存在显著的差异，农作物种植面积的增加能够提高生产技术效率。原因可能是随着农作物种植面积的增加资源配置效率提高，单位投入成本减少，从而产生规模效益。同时，随着经营规模的增加生产者也更注重获取相关科技信息、掌握生产技能来提高效率。

3.1.4 农业生产中劳动力及农业、化肥等生产资料投入对农业生产效率具有正向影响 目前，调研当地的农业产量提高仍然主要依靠化肥、能源、劳动力等外部投入增加，其中，化肥、农药等化学投入品的作用较为突出。

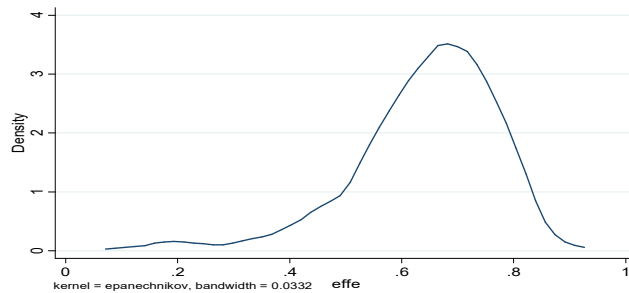


图 1 生产技术效率的核密度估计

Fig.1 Kernel density estimate for technical efficiency

图 1 反应了样本农户农业生产技术效率的分布特征，分布曲线两尾之间的农户生产效率绝对差距很大，从最佳生产效率 90%，到最低 10%，大量的农户技术效率分布在 40%~80%之间。平均生产技术效率为 64.2%，说明在现有的要素投入与技术水平下，通过提高生产技术，平均产出还可以增加 35.8%。

3.2 结论与启示

本研究运用随机前沿生产函数，测算了甘肃 295 户农户种植业生产技术效率。研究结果表明，目前甘肃省农户农业生产技术效率还比较低，农户年龄、接受农业培训程度、种植面积及化肥、农药等生产要素投入对技术效率带来明显的正效应，而在现有的要素投入与技术水平下，通过推行适度规模经营，改善资源配置、改变农业生产方式以及采用精耕细作的农业技术，当地种植业产出仍有提高空间。

针对以上研究结论和实际调查情况，本研究提出以下几点政策建议：

第一，完善土地流转制度，推进规模化经营。政府应该加快完善土地流转机制，建立健全土地流转市场，为土地流转顺利进行提供各种服务，鼓励农户将土地向有技术有意愿从事农业生产的种植大户流转，加快改进农业生产方式，通过促进土地规模化经营，优化资源配置，发展农业规模化经营。

第二,加强农业人力资本投入,加大农业科技力度。由政府引导,加强农户农业实用技术培训,关注人力资本投入的普及性和公平性,特别加强针对农村妇女劳动力的技术培训。同时通过电子媒体、图片宣传、广播、讲座等形式扩大农业科技信息传播与科技成果推广,提高农户对农业生产技术的了解及把握能力。

第三,转变农业生产方式,大力发展资源节约型、环境友好型和生态保育型“三型”农业。虽然在模型研究中发现,化肥农药施用对产量提高有显著的正向作用,但也要严格控制化肥、农业使用量,不能重复东中部的老路,以免过量使用化肥、农药等化学投入品造成的污染和农产品质量安全隐患。政府应该引导转变农业发展方式,促使拼资源消耗、拼环境安全、拼生态功能的粗放经营向注重提高质量和效益的集约经营转变,加强对化肥农药的使用监管,大力推进测土配方项目和有机肥的使用,通过利用生物与物理防控技术,大幅度减少化肥、农药、添加剂、激素、抗生素等的利用,显著提高农业生态功能,有效保障农业的可持续发展。

参考文献

- [1] 刘万利,许昆鹏.中国农户生产效率实证研究[J].技术经济与管理研究,2011(1):125-128
- [2] 田维明.中国粮食生产的技术效率:农村·社会·经济[M].北京:中国农业出版社,1998
- [3] 肖芸,赵敏娟.基于随机前沿分析的不同粮食生产规模农户生产技术效率差异及影响因素分析——以陕西关中农户为例[J].中国农学通报,2013(15):42-49
- [4] 李谷成,李芳,冯中朝.良种补贴政策实施效果的分析与评价——对13省1486种植户的研究[J].中国农业大学学报,2014(4):216-217
- [5] Mariano MJ, Villanob R, Fleming E. Are irrigated farming ecosystems more productive than rainfed farming systems in rice production in the Philippines?[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2010,139:603-610
- [6] Kipkoech AK, Mithofer D, Yabann WK, et al. Assessing yield and efficiency implications of relying on parasitoids for control of cereal stemborers: The case of small-scale maize farmers in Kenya[J]. Crop Protection, 2008,27:1318-1326
- [7] Vo Hung Son T, Coelli T, Fleming E. Analysis of the technical efficiency of state rubber farms in Vietnam[J]. Agricultural Economics, 1993,9:183-201
- [8] Ali M, Chaudhry MA. Inter-regional farm efficiency in Pakistan's Punjab: A frontier production function study[J]. Journal of Agricultural Economics, 1990,41:62-74
- [9] 卢李朋.甘肃省粮食生产的时空特征及影响机制分析[D].兰州:西北师范大学,2014
- [10] Battese GE, Coelli TJ. Frontier production functions, technical efficiency and panel data with application to paddy farmers in India[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992,3:163-169
- [11] Battese GE, Coelli TJ. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data[J]. Empirical Economics, 1995,20(2):325-332
- [12] 林毅夫.制度、技术与中国农业发展[M].上海:上海人民出版社,1994
- [13] 屈小博.不同规模农户生产技术效率差异及其影响因素分析——基于超越对数随机前沿生产函数与农户微观数据[J].南京农业大学学报:社会科学版,2009(3):27-35
- [14] 许家鹏,张琛,徐拓远.社会资本对桃农生产技术效率的影响及对策研究——基于陕西省铜川市桃业的调查[J].林业经济问题,2015(6):528-533