

# Technical Efficiency and Technology Gap Ratio in Cocoa Production in Nigeria: A Stochastic Metafrontier-Tobit (SM-Tobit) Approach

Aminu, F. O.<sup>1\*</sup> Ayinde, I. A.<sup>2</sup>

1.Department of Agricultural Technology, School of Technology, Yaba College of Technology, Epe Campus, P. M. B. 2011, Yaba, Lagos State, Nigeria

2.Department of Agricultural Economics and Farm Management, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria

## Abstract

The study analysed the technical efficiency and technology gap ratio in cocoa production in Nigeria. A multistage sampling technique was used to select 390 cocoa farmers from three zones where cocoa is commercially grown in Nigeria. Separate stochastic frontier models were estimated for farmers in Kwara, Edo and Ondo States, along with a metafrontier model to obtain alternative estimates for the technical efficiencies of farmers in the different states. Subsequently, a Tobit model was used to access the factors influencing cocoa production in the study area. Results revealed that, the average technical efficiency level was 0.685 for the pooled sample, 0.506, 0.837 and 0.713 for Kwara, Edo and Ondo States respectively, suggesting that there is substantial scope to improve cocoa production in Nigeria. The mean MTR values of 0.506, 0.837 and 0.712 for Kwara, Edo and Ondo States respectively, implied that Edo State was more technically efficient than other states in the study area. The mean technology gap ratio (TGR) value of 84.3% indicated that, on the average, the cocoa farmers in the study areas would have to close a gap of about 15.7% in order for them to be technically efficient. The study recommended that cocoa farmers in Edo and Ondo States could improve their technical efficiency through a better management using the available technologies and resources while intervention to raise technology that will help close the gap between the regional frontier curve and the global frontier curve through raising and distributing disease resistant and high yielding cocoa seedlings to the farmers should be adopted in Kwara State.

## Keywords

Cocoa farmers; metafrontier; technical efficiency; technology gap; Nigeria

---

# 尼日利亚可可生产的技术效率与技术差距比率：一种随机共同前沿-Tobit (SM-Tobit) 方法

Aminu, F. O.<sup>1\*</sup> Ayinde, I. A.<sup>2</sup>

1.Department of Agricultural Technology, School of Technology, Yaba College of Technology, Epe Campus, P. M. B. 2011, Yaba, Lagos State, Nigeria

2.Department of Agricultural Economics and Farm Management, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria

## 摘要

本研究分析了尼日利亚可可生产的技术效率和技术差距。采用多级抽样技术，从尼日利亚三个可可商业种植区中选出390名可可农民。分别对Kwara、Edo和Ondo州的农民进行了随机前沿模型的估计，并采用了一个共同前沿模型，以获得不同州农民技术效率的替代估计。随后，使用Tobit模型获取影响研究区域可可产量的因素。结果表明，汇总样品的平均技术效率水平为0.685，Kwara、Edo和Ondo州的平均技术效率水平分别为0.506、0.837和0.713，这表明尼日利亚的可可产量有很大的提高空间。Kwara、Edo和Ondo州的平均MTR值分别为0.506、0.837和0.712，表明Edo州的技术效率高于研究区其他州。84.3%的平均技术差距(TGR)值表明，平均而言，研究地区的可可农民必须缩小约15.7%的差距，才能提高技术效率。研究建议，Edo和Ondo州的可可农民可以通过利用现有技术和资源进行更好的管理来提高其技术效率，而在Kwara州应采取干预措施，通过向农民饲养和分发抗病和高产的可可苗，提高有助于缩小区域前沿曲线与全球前沿曲线之间差距的技术。

## 关键词

可可农民；共同前沿；技术效率；技术差距；尼日利亚

---

【通讯作者】Aminu, F.O., 邮箱: folaafe02@gmail.com。

## 1 引言

过去,可可对尼日利亚的经济贡献不容忽视。可可最早于1890年在尼日利亚西部地区种植。可是尼日利亚20世纪五六十年代最重要的农业出口作物。可可种植在尼日利亚得到迅速发展,到1965年,尼日利亚成为世界第二大生产国(Adegeye, 1998)。直到20世纪70年代该国发现原油及其商业价值前,可可一直是尼日利亚的主要农业支柱。尼日利亚现在是世界上第四大可可生产国,仅次于象牙海岸、印度尼西亚和加纳,以及第三大出口国,仅次于象牙海岸和加纳(Becvarova & Verter, 2014)。可可是一种单一农业出口商品,相比其他作物能赚取更多外汇,直接和间接地为许多人提供了就业机会,并成为可可生产国政府的重要原材料来源和收入来源(Folayan等, 2006)。2007年和2008年,农产品占非油出口的41.9%和37.8%,其中可可分别占12.5%和13.9%(CBN, 2009)。可是尼日利亚主要产区农产品中价值较高的经济作物。总共有2000多万人直接依靠可可为生。大约90%的产品以可可豆或半成品的形式出口(Taphee等人, 2015年)。

尽管可可对尼日利亚经济具有重要意义,但其在尼日利亚的产量在1971年之后出现了下降,1976年出口下降到216000吨,1986年出口下降到150000吨,从而使该国的市场份额下降到6%左右,成为迄今第四大生产国。2010年,可可产量仅占农业GDP的0.3%。根据Oluyole和Usman(2006),Folayan等人(2006)以及Cadoni(2013)的说法,产量下降可归因于以下原因:石油部门的出现导致了对农业的忽视;1978—1986年尼日利亚可可销售委员会(NCMB)的政策和活动;可可生产投入的不可得性和高成本;中间商的活动;树龄过长和低产量的树木;价格不合理;没有农业劳动力;农业耕作方式陈旧,耕地肥力状况差;以及对可可农民缺乏信贷。其他因素包括病虫害发生率、使用假冒伪劣农用化学品、使用劣质种植材料、收获后处理不当以及农业推广服务效率低等,这些都导致效率低,阻碍了该国可可生产的发展。

可可农民的主要目标之一是在农场层面以可持续的方式增加产量。修剪、除草、施肥和农药等管理实践被认为是最有效的增产方式。这是因为农场上的杂草、害虫和疾病

造成了大部分可可产品的损失(Binam等, 2008; Dzene, 2010)。由于这些原因,效率一直是一个重要的研究课题,特别是在一些较大比例农民都资源匮乏的欠发达国家(Amos, 2007; Binam等, 2008; Nkamleu等, 2010)。一些研究(Ogundari等, 2006; Amos, 2007, Popoola等, 2015)使用随机前沿生产函数的单步估计来分析该国可可生产的技术效率,但在尼日利亚,随机共同前沿-Tobit函数在可可生产中的经验应用很少。

Battese和Rao(2002)、Battese等人(2004)和O'Donnell等人(2008)开发的共同前沿法是一个有用的概念,当分析的目的是比较不同群体(例如,地区、州、国家、植物品种)的效率时,假设每个群体在不同的技术下运行,它们的生产前沿也不同。如果被分析的生产单位从不同的生产可能性集合中做出选择,那么估计单个技术前沿的通用方法将产生效率和生产率估计,而这些估计并不能准确衡量生产单位将投入转化为产出的能力(O'Donnell等, 2008)。处理这些技术差异的通常方法可能将农场之间的“技术差距”归因于技术效率低下。该框架已在文献中被广泛用于评估农业生产效率(Chen和Song(2008), O'Donnell等(2008), Villano等(2010), Otieno等(2014), Henningsen等(2015), Chebil等(2016))。因此,该研究将采用随机共同前沿-Tobit方法来估计尼日利亚可可生产的技术效率和技术差距比。

## 2 方法

### 2.1 研究区域

该研究在尼日利亚的三个地缘政治区域进行。尼日利亚由六个地缘政治区域组成,其中五个地缘政治区域批量生产出口可可:西南、南南、东南、中北和东北部。该研究选择了代表尼日利亚60%可可生产区的三个区域(西南、南南和中北部)进行研究。这三个区域是有目的的选择,以使该研究成为全国的重点。然而,研究在三个州进行:Ondo州(西南区)、Edo州(南南区)和Kwara州(中北区)。

### 2.2 抽样程序

通过多阶段抽样技术选择受访者。第一个阶段涉及有目的地选择六个地缘政治区域中的五个,在尼日利亚进行商业可可种植。第二阶段,采用分层抽样技术,将五个可可产区划分为高、中、低区。按照尼日利亚国家统计局(2012)、

该国《全国农业可出口商品调查》(NSAEC) (2013), 将该区分为高(西南)、中(南南)和低(东南、中北和东北)。第三阶段是从高、中、低三个区域中有目的地各选择一个州, 分别是 Ondo (高)、Edo (中) 和 Kwara (低)。第四阶段, 采用随机抽样的方法, 从每个州中选出两个农业区。第五阶段使用简单的随机抽样技术, 使用农业区中可用的 LGA 列表作为抽样框架, 从每个农业区中选择一个地方政府区域 (LGA)。在第六阶段, 从每个 LGA 中随机选择 5 个村庄, 总共 30 个村庄。选择的基础是这些村庄可可生产的主导地位。最后, 在第七阶段, 使用简单的随机抽样程序, 以农业区的可可农民名单为样本框架, 从 30 个村庄的每个村庄中选出 13 名可可农民, 共计 390 名可可农民接受采访。共有 350 份问卷 (Kwara 州 110 份, Edo 州 118 份, Ondo 州 122 份) 用于分析, 其他问卷因信息不完整而未采用。

本研究基于个人对参与研究区域可可生产的个人进行问卷调查 / 访谈时间表收集的主要数据。被调查者被问及与实现研究目标有关的问题。

### 2.3 分析框架

采用随机共同前沿 -Tobit (SM-Tobit) 方法, 评估研究区域内各州的技术效率及其决定因素。使用随机共同前沿 -Tobit 函数是对一步随机前沿方法 (SFA) 的方法改进, 因为共同前沿框架考虑了技术差距, 并允许跨生产系统等异构组的比较 TE (Battese 和 Rao, 2002; Villano 等, 2010)。尽管关于技术效率的实证研究数量众多, 方法学前沿研究也在不断增加, 但在尼日利亚, 使用随机共同前沿 -Tobit 函数的实证研究在可可生产中的应用很少。SM-Tobit 估计包括三个阶段。首先, SFA (Aigner 等, 1977; Meeusen 和 van den Broeck, 1977) 用于调查生产系统中的 TE。在第二阶段, 估计共同前沿来调整来自 SFA 的 TE 分数, 任何技术差异都要考虑进去。最后, 应用 Tobit 模型来评估共同前沿估计得到的 TE 分数变化。使用 Cobb-Douglas (CD) 规范估计了三个区域的随机前沿参数, 其中所有描述性变量都包含在 Z 向量中, 作为低效率的可能决定因素。因此, 模型指定为:

$$\ln Q_{n(k)} = \beta_{0(k)} + \sum_{i=1}^5 \beta_{i(k)} \ln X_{ni(k)} - Z\delta_{n(k)} + V_{n(k)} - U_{n(k)} \quad (1)$$

其中  $Q_n(k)$  是可可产量 (kg/ha);  $X_{ni}$  表示输入矢量,

其中  $X_{n1}$  是种植到可的面积 (公顷),  $X_{n2}$  是雇佣劳动力 (工作日 / 公顷),  $X_{n3}$  是家庭劳动力 (工作日 / 公顷),  $X_{n4}$  是农场年龄 (年),  $X_{n5}$  是肥料 (kg/ha),  $X_{n6}$  是农药使用 (gramme a.i/ha);  $v$  表示统计噪声,  $u$  表示技术效率低下。Z 表示假设影响效率的社会人口和其他自变量的向量, 其中  $Z_1$  是农民性别 (1- 男性, 0- 女性),  $Z_2$  是年龄 (年),  $Z_3$  是教育水平 (年),  $Z_4$  是家庭规模 (人数),  $Z_5$  是推广访问 (虚拟),  $Z_6$  是可可品种 (虚拟),  $Z_7$  是健康危害; 是要估计的无效率参数的向量;  $v$  表示统计噪声,  $u$  表示技术效率低下。

下一阶段包含一个汇总随机前沿的估计和效率低下的可能决定因素, 以及指定为

$$\theta^{k*} = Z\delta + e \quad (2)$$

$$\theta^k = \{(0 \text{ if } \theta^{k*} < 0); (\theta^{k*} \text{ if } 0 < \theta^{k*} < 1); (1 \text{ if } \theta^{k*} > 1)\} \quad (3)$$

式中  $\theta^{k*}$  和  $\theta^k$  分别 < 共同前沿 TE 分数的潜值和观测值; Z 表示假定影响效率的社会人口和其他自变量的向量, 其中  $Z_1$  是农民性别 (1- 男性, 0- 女性),  $Z_2$  是年龄 (年),  $Z_3$  是教育水平 (年),  $Z_4$  是家庭规模 (人数),  $Z_5$  是推广访问 (虚拟),  $Z_6$  是可可品种 (虚拟),  $Z_7$  是健康危害,  $e$  是随机项。

使用 FRONTIER4.1 软件获得随机前沿参数 (Coelli, 1996)。在 SHAZAM 版本 10 (Whistler 等, 2007) 中进行了线性规划, 以估计共同前沿和标准误差引导, 而 STATA 版本 11 (Stata Corp, 2009) 用于 Tobit 分析。

## 3 结果和讨论

### 3.1 SFA 和 MF 模型中变量的汇总统计

表 1 中的汇总统计显示了模型中解释变量的平均值。Edo 州在规定期限内可可产量和农药使用量的平均水平最高。在其他两个州之间, 与 Kwara 州相比, Ondo 州在可可产量和农药使用量方面获得更多收入。Ondo 州的农场规模最大, 雇佣的劳动力最多, 拥有最古老的农场, 而 Edo 州拥有研究区域中最年轻的农场。与 Edo 和 Ondo 州相比, Kwara 州的农场规模最小, 但化肥投入的使用量最高。

从汇总数据来看, 平均一个可可农民的土地面积为 6.82hm<sup>2</sup>, 可可农民雇用 5 名农业劳动力, 工作 205 天, 3 名家庭劳动力, 工作 81 天, 施用化肥 1016kg, 农药有效成分为 8776 克。在规定的时间内, 可可产量为 1219kg。这反映

表1 SFA和MF模型中变量的汇总统计

州	可可产量	农场大小 (hm <sup>2</sup> )	雇佣劳动力 (md.)	家庭劳动力 (md.)	数目年龄 (年)	肥料 (kg)	农药 (gm/ai/ha)	
Kwara	平均值	1112.00	3.62	108.6	75.9	35.42	1234.0	5212.8
	标准偏差	393.03	0.33	52.03	22.13	7.10	389.80	833.62
Edo	平均值	1294.30	6.17	185.1	92.6	23.70	734.9	10130.8
	标准偏差	1508.99	1.30	48.31	35.75	8.16	202.86	754.62
Ondo	平均值	1250.82	10.13	303.9	54.6	37.19	987.4	8884.8
	标准偏差	1255.73	8.78	94.88	13.48	12.04	257.38	798.27
汇总	平均值	1219.04	6.82	204.6	81.84	32.79	1016.2	8775.9
	标准偏差	1154.66	5.21	73.52	18.72	10.10	475.25	935.98

来源：作者汇编。

出研究区域正在进行中等规模的可可生产。

### 3.2 各州的生产函数估计和各州可可生产技术效率决定因素

原假设为模型中没有技术效率效应，采用单边误差似然比(LR)检验，假设结果表明，由于Kwara、Edo、Ondo States和合并数据的LR检验统计量78.22、72.03、85.60和56.19均大于临界LR卡方值30.60，所有模型都存在低效率效应，因此拒绝排除它们的决定。

FRONTIER4.1程序(Coelli1996)的单级最大似然程序用于估计各州的随机前沿参数(最大可达到的输出)(表2)和汇总数据(表5)。研究表明，在Kwara、Edo、Ondo州

和汇总数据中，测量观测输出与前沿输出的偏差的Gamma估计分别为0.97、0.89、0.92和0.60。这意味着在所有模型中，总产量的大部分偏差主要是由于投入物使用和其他农业实践的的低效率造成的，而随机因素可能包括不利的天气条件、病虫害侵袭、数据测量中的统计错误，在Kwara、Edo、Ondo和汇总数据中，模型规范对实际输出与前沿输出的偏差分别占3%、11%、8%和40%。

#### Kwara州

表2中随机前沿模型的参数估计表明，农场规模( $P < 0.01$ )和肥料( $P < 0.01$ )的系数为正且显著。这意味着可可种植面积和肥料使用量的增加将增加该州的可可产量。Kwara州的

表2 美国可可生产技术效率的生产函数估计和决定因素

变量	系数	Kwara州	Edo州	Ondo州
常数	$\beta_0$	7.191*** (11.93)	4.761*** (5.63)	5.810*** (16.7)
农场大小	$\beta_1$	1.143*** (9.281)	0.327*** (3.075)	0.012*** (10.29)
雇佣劳动力	$\beta_2$	0.094 (1.486)	1.156 (0.983)	-0.04*** (-2.74)
家庭劳动力	$\beta_3$	-0.080** (-2.303)	-0.141 (-1.541)	0.670 (1.497)
树龄	$\beta_4$	-0.130** (-2.044)	0.171*** (3.041)	-0.052** (-2.06)
肥料	$\beta_5$	0.013*** (3.372)	0.032*** (2.957)	0.139*** (4.852)
农药	$\beta_6$	-0.067 (-1.048)	0.134** (2.257)	0.014*** (4.041)
低效影响				
常数	$\delta_0$	-0.293 (-0.401)	0.668 (0.839)	2.799 (7.510)
性别	$\delta_1$	-0.292** (-2.021)	-0.218 (-1.098)	0.061 (0.105)
年龄	$\delta_2$	0.020*** (3.355)	0.004** (2.497)	-0.11*** (-2.59)
教育	$\delta_3$	-0.003 (-0.538)	-0.024 (-0.738)	0.106** (2.162)
家庭规模	$\delta_4$	0.021 (0.115)	-0.315 (-1.197)	-0.244 (-0.504)
推广访问	$\delta_5$	0.015 (0.221)	-0.006** (-2.253)	-0.87*** (-7.79)
品种	$\delta_6$	0.131 (0.432)	-0.071** (-2.251)	0.057 (0.620)
西格玛平方	$\sigma^2$	0.072*** (4.025)	0.311*** (5.913)	0.622*** (2.560)
Gamma	$\gamma$	0.97 (20.592)	0.89 (9.150)	0.92 (13.558)

注：\*\*\*=1%时显著 ( $\alpha_{0.01}$ ) \*\*=5%时显著 ( $\alpha_{0.05}$ ) 括号中的数字为t值。

庭劳动力 ( $P < 0.05$ ) 和树龄 ( $P < 0.05$ ) 与可可产量呈显著负相关。这意味着, 家庭劳动力数量和树龄的百分比增加将分别使可可产量减少 0.080kg 和 0.130kg。树龄的负面影响暗示着, 随着大部分可可树的树龄增长, 其产量下降。该结果支持 Gray (2001) 和 Onumah 等人 (2013) 的发现, 即可可树龄的负面影响是生产者以新树取代旧树的信号。

低效率模型的结果表明, 该州可可生产的低效随着农民性别的增加而降低, 在 5%  $\alpha$  水平下呈负显著性。这意味着男性农民在技术上比女性农民更有效率。这一结果证实了 Onumah 等人 (2013 年) 的调查结果, 他们认为女性农民不太可能因为家庭琐事而偶然参加农业推广会议。

在 1% $\alpha$  水平, 可可农民的年龄为正且显著。这意味着低效率随着农民年龄的增长而增加, 这意味着年轻农民比年长农民在技术上更有效率。究其原因, 年轻的农民比年长的农民更积极, 更容易接受创新。Mariano 等人 (2010 年) 报告了类似结果。sigma-square 的估计值在 1% 水平上与零有显著差异, 这证明了模型的拟合优度。

## Edo 州

研究表明, Edo 地区的农场规模 ( $P < 0.01$ )、树龄 ( $P < 0.01$ )、肥料 ( $P < 0.01$ ) 和农药 ( $P < 0.05$ ) 对可可产量有积极影响。这表明, 这些投入的使用量增加 1%, 可可产量将分别增加 0.33kg、0.17kg、0.03kg 和 0.13kg。州内树龄的积极和显著影响意味着州内的可可树还很年轻, 在其生产年限内。

州内低效率模型的结果表明, 可可农民年龄会导致技术低效率增加 5% $\alpha$  的水平。这意味着年轻的农民比年长的农民在技术上更有效率。Ajayi 和 Adeyemi (2016 年) 报告说, 年长农民普遍存在厌恶风险, 倾向传统耕作方式, 导致其农场经营效率低。推广访问 ( $P < 0.05$ ) 降低了该州可可农民的低效率。这意味着, 推广机构经常访问的可可农民比访问次数少的可可农民更有技术效率。这一发现与 Balogun 等人 (2011 年) 的研究结果一致, 他们报告说, 推广工作是推广和采用农业创新以提高效率的先决条件。种植的可可品种 ( $P < 0.05$ ) 也可减少可可生产的低效率, 因为它在 5% $\alpha$  水平下负且显著。这意味着种植更多杂交品种的可可农比单独种植当地品种的可可农在技术上更有效率。Edo 州的 sigma-square 估计值在 1% 水平上也与零有显著差异, 这证明了模

型的拟合优度。

## Ondo 州

农场规模 ( $P < 0.01$ )、肥料 ( $P < 0.01$ ) 和农药 ( $P < 0.01$ ) 对 Ondo 州可可产量有显著影响。这意味着, 增加这些投入将增加该州的可可产量。相反, 雇佣劳动力 ( $P < 0.01$ ) 和树龄 ( $P < 0.05$ ) 对 Ondo 州的可可产量有负面且显著影响。雇佣劳动力的负面影响意味着, 在该州可可农场工作的人数百分比增加将使可可产量减少 0.06kg。这一结果与 Binam 等人 (2008 年)、Nkamleu 等人 (2010 年) 和 Onumah 等人 (2013 年) 的研究不一致, 即劳动力增加了可可产量。可可树龄的负面影响表明, 该州的大多数可可树已老, 超过了生产年龄, 导致效率降低。

低效率模型的结果表明, 农民年龄在 1% 水平上是负且显著的。这意味着, 与年轻的可可农民相比, 年长的可可农在技术上的效率更高。根据 Onumah 等人 (2013 年) 的研究, 造成这种情况的原因可能是, 可可生产是年长农民从事的唯一职业, 与可能从事其他活动 (如贸易、工匠活动等) 的年轻农民相比, 他们投入了更多的时间和精力。推广访问 ( $P < 0.01$ ) 也被发现能改善州内可可生产的低效率。这表明农民们在推广人员组织的培训课程中表现得很专注。Onumah 等人 (2013 年) 认为, 通过有效的推广访问和监督, 可可农民的生产效率得到提高

与先前的预期相反, 农民的教育水平 ( $P < 0.05$ ) 与国家的低效率呈显著正相关。这表明受过高等教育的可可农民比受过较低教育的可可农效率低。教育水平可以表示从事可可生产为中等教育, 从而影响农民的技术效率。这一结果与 Nyagaka 等人 (2010 年) 和 Onumah 等人 (2013 年) 一致, 即正规教育不一定能提高技术效率, 但能提高与可可生产实践相关的知识和教育水平。

表 3 表明, Edo 州的可可产量和汇总数据显示, 规模为 1.679 和 1.24 的回报增加, 表明所有投入的百分比增加将使产量水平增加 1.68% 和 1.24%。这意味着这些研究领域处于生产过程的第一阶段, 生产过程中使用的所有投入的水平增加会增加产出比例。这表明, 在良好质量投入使用的前提下, 各州扩大规模以增加长期产量的空间更大。相反, Kwara 州和 Ondo 州的可可产量呈 0.973 和 0.719 的递减趋势, 这意味

着生产中使用的投入增加1%将导致产量的增长低于应有比例。

表3 研究区生产弹性和回归规模

变量	Kwara 州	Edo 州	Ondo 州	汇总
农场大小	1.143	0.327	0.012	0.688
雇佣劳动力	0.094	1.156	-0.064	-0.025
家庭劳动力	-0.080	-0.141	0.670	0.064
农场年龄	-0.130	0.171	-0.052	0.411
肥料	0.013	0.032	0.139	0.047
农药	-0.067	0.134	0.014	0.055
RTS	0.973	1.679	0.719	1.24

### 3.3 汇总和共同前沿数据的生产函数估计和技术效率决定因素

汇总随机和共同前沿数据的结果见表4。

#### 汇总数据

汇总数据显示农场规模 ( $P < 0.01$ )、肥料 ( $P < 0.01$ ) 和农药 ( $P < 0.01$ ) 对所有研究区域的可可产量均有显著影响。这意味着增加这些投入使用的百分比将使可可产量分别增加 9.17kg, 6.75kg 和 2.99kg。树龄 ( $P < 0.05$ ) 对研究区域可可产量的影响呈负显著。这意味着所有研究区域的可可树龄增加一年将使可可产量减少 2.11kg。此结果与 Onumah 等人 (2013 年) 一致, 可可生产的技术效率降低与可可树的年龄有关。

低效率模型的结果显示, 性别 ( $P < 0.01$ ), 年龄 ( $P < 0.05$ ) 和家庭规模 ( $P < 0.05$ ) 能减少研究区域可可农民的低效率。性别与可可农民低效率的反比关系表明, 研究区域内女性可可农民与男性相比, 技术效率更低。这一结果与 Binam 等人 (2008) 和 Onumah 等人 (2013) 一致。年龄的负面影响意味着年轻农民相较年长农民在技术上效率更低。该结果与 Mariano 等人 (2010 年) 的研究结果不一致, 他们认为, 与年轻农民相比, 年长农民的生产效率更低。可可农民的家庭规模与效率低下也有间接关系。这表明研究区域内家庭规模较大的可可农民比家庭规模小的农民在技术上更有效率。这可以归因于家庭/家庭劳动力投入的可用性。sigma-square 估计在 1% 的水平上与零显著不同, 证明模型拟合良好。这也意味着前沿模型是随机的 (而不是确定性的)。

此外, Gamma 的估计值在 1% 时与零有显著差异, 这意味着可可产量观测值与前沿产量之间 60% 的差异可归因于可可农民控制范围内的因素。

表4 汇总和共同前沿数据的生产函数估计和

#### 技术效率决定因素

变量	系数	汇集 (SFA)	共同前沿 -Tobit
常数	$\beta_0$	5.789*** (20.207)	1.038*** (3.963)
农场大小	$\beta_1$	0.688*** (9.171)	0.085** (2.180)
雇佣劳动力	$\beta_2$	-0.025 (-1.597)	-0.142 (-1.413)
家庭劳动力	$\beta_3$	0.064 (1.167)	-0.421*** (-5.034)
树龄	$\beta_4$	-0.411** (-2.110)	-0.330*** (-2.931)
肥料	$\beta_5$	0.047*** (6.749)	0.606*** (3.956)
农药	$\beta_6$	0.055*** (2.992)	0.333*** (5.590)
低效率效应			
常数	$\delta_0$	0.050** (-2.298)	1.038*** (5.963)
性别	$\delta_1$	-0.065*** (-3.251)	-0.285 (-0.662)
年龄	$\delta_2$	-0.115** (-2.279)	-0.004*** (-2.555)
教育	$\delta_3$	-0.155 (-0.624)	-0.003 (-0.222)
家庭规模	$\delta_4$	-0.941** (-2.122)	0.843*** (3.671)
推广联系	$\delta_5$	0.018 (0.785)	0.045*** (3.423)
品种	$\delta_6$	0.192 (1.489)	-1.014** (-2.306)
Sigma-squared	$\sigma^2$	0.511*** (3.554)	
Gamma	$\gamma$	0.602*** (4.900)	

注: \*\*\*=1% ( $\alpha_{0.01}$ ) 时显著, \*\*=5% ( $\alpha_{0.05}$ ) 时显著, \*=10% ( $\alpha_{0.10}$ ) 时显著, 括号内数字为 t 值。

#### 共同前沿模型

在估计单个 SPF 后, 需要验证三个州是否共享相同的技术。如果三个州的生产前沿相同 (即单个地区前沿之间没有显著差异), 那么就没有理由估计汇总 MF 生产模型。这可以通过似然比测试 (LR) 完成。LR 统计由

$$\lambda = 2 \times [L(H_A) - L(H_0)] \quad (4)$$

其中  $L(H_0)$  是通过汇总所有州的数据估计的随机前沿对数似然函数值,  $L(H_A)$  是来自单个 SPF 的对数似然函数值的总和。分析表明, LR 统计值为 157.62, 具有高显著性, 表明否定了零假设。结果表明, 研究区域可可生产的三个区域随机前沿不一致, 说明三个区域的生产结构和技术采用程度不同。因此, 共同前沿技术是本研究的适当估计方法, 这些州之间的任何效率比较都应针对共同前沿而不是汇总随机前沿进行。Battese 等人 (2004)、Binam 等人 (2008)、Mariano 等人 (2010)、Moreira 和 Bravo-Ureta (2010) 和 Onumah 等人 (2013) 等人也取得了类似的结果。

共同前沿结果表明, 种植可可的土地面积增加 ( $P < 0.05$ )、化肥用量增加 ( $P < 0.01$ ) 和农药用量增加 ( $P < 0.01$ ) 将显著提高可可产量, 而家庭劳动力增加 ( $P < 0.01$ ) 和可

可树龄增加将分别使可可产量降低 5.03kg 和 2.93kg。除家庭劳动力结果外, 这些结果与 Binam 等人 (2008)、Nkamleu 等人 (2010) 和 Onumah 等人 (2013) 的结果一致。

需要指出的是, 在随机前沿估计中, 低效率水平的参数通常作为模型的低效率效应分量中的因变量进入模型。因此, 这意味着 Z 向量中变量系数的负号意味着相应的变量将减少低效 (或提高效率)。相反, Z 变量系数的正符号被解释为可能对效率产生负面影响 (Brummer 和 Loy, 2000; Coelli 等人, 2005; Otieno 等人, 2014; Bahta 等人, 2015)。如 Chen 和 Song (2008) 所示, 两阶段 Tobit 估计可以直接解释回归参数, 因为后续 Tobit 模型中使用的因变量是共同前沿估计中优化得到的技术效率分数。因此, 共同前沿 -Tobit 模型中的系数的正值表示相关变量的增加将提高效率 (Wooldridge, 2002)。如 Battese 等人 (2004)、Otieno 等人 (2014) 和 Bahta 等人 (2015) 所述, 研究区域中可可产量的观察统计差异表明, 汇总随机前沿不适合政策应用, 仅用于分析的完整性。因此, 随后的讨论集中在共同前沿 -Tobit 模型中的重要变量。

在共同前沿 -Tobit 模型中, 种植可可的种类和推广访问的频率显著, 但在汇总随机前沿中不显著, 而在汇总随机前沿中性别显著, 但在共同前沿 -Tobit 模型中不显著。

共同前沿 -Tobit 结果表明, 可可农民的年龄增加会加剧效率低下, 可可农民的年龄系数 ( $P < 0.01$ ) 为负且具有统计学意义。这意味着, 在研究区域内, 年轻的可可农民比年长的农民更有效率。究其原因, 年轻的农民比年长的农民接受更多教育、更愿意暴露、更有知识、更能接受创新, 更愿意承担风险。Aminu 和 Hassan (2016) 报告说, 年长农民更厌恶风险, 因此不愿意创新。这一结果与 Mariano 等人 (2010) 的一致, 即与年轻农民相比, 年长农民生产效率更低。

种植的可可品种 ( $P < 0.05$ ) 与研究区域的可可农民效率低下也有显著负相关。这意味着这些变量加剧了研究区域可可农民的低效率。可可品种意味着种植当地品种的农民比种植杂交品种的农民技术效率更低。

相反, 在共同前沿 -Tobit 模型下, 家庭规模 ( $P < 0.01$ ) 和推广接触 ( $P < 0.01$ ) 与效率低有直接关系。这些都意味着家庭规模大, 而且推广机构经常访问可可农民, 可以提高

研究区域内可可农民的效率。

### 3.4 技术效率和技术差距比 (TGR)

表 5 汇总了 SPF 的 TGR、TE 测量值和 MF 值。对于给定的输入矢量, TGR 值表示共同前沿和区域效率前沿之间的距离。TGR 值越高 (越低), 表明个体前沿与 MF 之间的技术差距越小 (越大)。TGR 值为 100% 时等于区域前沿与 MF 重合的点。研究表明, Kwara 州、Edo 州和 Ondo 州随机前沿模型的平均技术效率估计分别为 0.646、0.95 和 0.828。这意味着 Kwara 州、Edo 州和 Ondo 州的可可产量比其集团前沿低 35.4%、5% 和 17.2%。汇总数据的技术效率得分范围为 0.3602 至 1.000, 平均值为 0.8079, 表明考虑到该国现有技术, 研究区域的可可产量约占潜在产量的 81%。这一结果表明, 在不增加任何投入的情况下, 提高农民的管理技能和技术能力, 可使可可产量增加 19%。Edo 州是技术效率最高的州, 而 Kwara 州是效率最低的州。天气条件、病虫害、不完全竞争、财政限制、缺乏改良作物品种等可能导致农民无法在最佳水平上作业 (Nkamleu 等人, 2010 年; Onumah 等人, 2013 年)。

表 5 技术效率得分和技术差距比率 (TGR)

州	SFA-TE	MF-TE	TGR	
Kwara	平均值	0.6461	0.5064	0.7947
	标准偏差	0.1141	0.0859	0.1304
	最小值	0.3602	0.2964	0.4593
	最大值	0.9993	0.6963	1.0000
Edo	平均值	0.9495	0.8369	0.8804
	标准偏差	0.7448	0.1086	0.0838
	最小值	0.6891	0.5261	0.6461
	最大值	1.000	1.0000	0.9970
Ondo	平均值	0.8281	0.7125	0.8541
	标准偏差	0.0889	0.1742	0.1762
	最小值	0.5501	0.1078	0.1787
	最大值	1.000	0.9258	1.0000
汇总	平均值	0.8079	0.6852	0.8431
	标准偏差	0.1561	0.1872	0.1397
	最小值	0.3602	0.1078	0.1787
	最大值	1.000	1.0000	1.0000

对技术差距比率 (TGR) 的估计表明, Kwara、Edo 和 Ondo 州的研究区域的平均潜在比率分别为 0.795、0.880 和 0.854。TGR 的值表明, 如果三个州的可可生产者技术上是有用的, 他们可以通过分别缩小 20.5%、12% 和 14.6% 的差距来增加产量。在 Edo 和 Ondo 州, 平均生产者的 TGR 差

距要小得多,从12%到14.6%不等,这表明这些州的现有技术接近元技术的可能性前沿。汇总TGR的估计范围为0.179至1.000,平均值为0.843。这意味着,平均而言,研究区域的可可农民必须缩小约15.7%的差距,才能提高技术效率。

Kwara州的生产力潜力比最低。这表明,即使来自Kwara州的所有可可生产商在其所在州所观察到的技术方面取得了最佳实践,他们仍是落后的,因为Kwara州的技术落后于区域技术,TGR为0.795。这意味着,即使kwara州的平均可可生产者在技术上完全有效(即在国家效率前沿生产),如果他采用该州最有效的元技术,他仍可以增加大约21%的产出。Nkamleu等人(2010年)在喀麦隆研究可可生产的技术差距和效率时,获得了类似的结果。

与其他州相比,Edo州的技术差距比率最高(0.880),这表明Edo州的技术比Kwara和Ondo州更接近元技术的可能性前沿。这进一步意味着,如果所有因素保持不变,Edo州的生产者将比其他州更快地达到研究区域可可生产的最大潜在产出。

在Kwara、Edo和Ondo州,研究区域中可可生产的平均技术效率得分相对于共同前沿别为0.506、0.837和0.712。这表明Edo州在技术上比研究区域内其他州更有效率。值得注意的一点是国家和共同前沿模型的平均技术效率得分之间的差异。例如,Kwara相对于元技术的平均技术效率为50.6%,而其相对于本国前沿的平均效率相当大(64.6%)。两个效率分数之间的差异证实了使用SFA获得的技术效率与研究区域可用于可可生产的的不相称。

#### 4 结论和建议

可可农民在可可生产方面表现出高于平均水平的效率,这意味着农民对可可生产技术有所了解。然而,Kwara州的技术差距比率(这是最低的)证实了该州的可可农民需要加强技术驱动以提高可可技术效率。根据随机和共同前沿分析的结果,研究建议:

① Kwara州应采取提高技术的干预措施(缩小区域前沿曲线与全球前沿曲线的差距)。这可以通过向农民饲养和分发抗病高产的可可幼苗来实现。Edo州和Ondo州可以利用现有的技术和资源通过更好的管理来提高其绩效。

②由于研究地区的可可农民没有充分发挥其生产潜力,因此需要通过加强政府在教育农民和种植更年轻树木以取代老化树木方面的作用,持续改善业绩,这将大大提高技术效率。

#### 参考文献

- [1] Adegeye S. O. (1998): "An evaluation of food crop farming inside old Cocoa Groves" *Nigerian Journal of Agriculture*, 1998, 14(1): 22-28.
- [2] Aigner D. J., Lovel, C. A. K., Schmidt P.J. (1977). Formulation and estimation of Stochastic Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 1977(6): 21-37.
- [3] Ajayi, F.O., Adeyemi, A.A. (2016). Factors Influencing the Adoption of Moringa Plant Cultivation Among Farming Households in South-western Nigeria: A Tobit Approach. *International Journal of Innovative Food, Nutrition & Sustainable Agriculture*, 2016,4(4): 15-24.
- [4] Aminu, F.O., Hassan, T.I. Climate Change and Arable Crop Production: A Case of Epe Local Government Area of Lagos State, Nigeria. In Onigemo, M.A., Bolarinwa, J.B., Godonu, K.G., Jaji, M.F.O., Asafa, A.R. and Okeowo, T.A, (Eds.). *Revamping Nigerian Agriculture through Public-Private Sector Synergy. Proceedings of 2nd International Conference of School of Agriculture Lagos State Polytechnic, held at Lagos State Polytechnic, Ikorodu, Lagos State, Nigeria. 18th-21st April, 2016: 103-112.*
- [5] Amos, T.T. (2007). An analysis of productivity and technical efficiency of smallholder cocoa farmers in Nigeria. *Journal of Social Sciences*, 2007, 15(2):127-133.
- [6] Balogun, O. L., Adeoye, A., Yusuf, S. A., et al. (2011). Production Efficiency of Farmers under National Fadama II Project in Oyo State, Nigeria. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 2011, 2(1): 11-24.
- [7] Bahta, S., Baker, D., Malope, P. et al. (2015). A 共同前沿 analysis of determinants of technical efficiency in beef farm types: an application to Botswana. 29th International Conference of Agricultural Economists ICAE, Milan, Italy.
- [8] Battese, G. E. and Rao, D. S. P. (2002). Technology gap, efficiency, and a stochastic 共同前沿 function. *International Journal of*

- Business and Economics, 2002, 1(2):87-93.
- [9] Battese, G. E., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. (2004). A meta frontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Journal of Productivity Analysis*, 2004, 21(1):91-103.
- [10] Bečvářová, V., Verter, N. (2014). Analysis of Some Drivers of Cocoa Export in Nigeria in the Era of Trade Liberalization. *Agris on-line Papers in Economics & Informatic*, 2014, 6 (4): 208–218.
- [11] Binam J.N., Gockowski J., Nkamleu G.B. (2008). Technical efficiency and productivity potential of cocoa farmers in West Africa countries. *The Developing Economics*, 2008(3): 242–263.
- [12] Brummer, B., Loy, J.P. (2000). The technical efficiency impact of farm credit programmes: A case study in Northern Germany. *Journal of Agricultural Economics*, 2000, 51(3): 405-418.
- [13] Cadoni P. (2013). Analysis of incentives and disincentives for cocoa in Nigeria. Technical notes series, MAFAP, FAO, Rome.
- [14] CBN. (2009). Annual Reports and Statistical Bulletin 2008. Abuja: Central Bank of Nigeria.
- [15] Chebil, A., Abdelaziz A. H., Alawia, O. H. et al. (2016). 共同前沿 Analysis of Technical Efficiency of Wheat Farms in Sudan. *Journal of Agricultural Science*, 2016, 8 (2): 179-186.
- [16] Chen, Z., Song, S. (2008). Efficiency and technology gap in China's agriculture: A regional 共同前沿 analysis. *China Economic Review*, 2008, 19(2):287-296.
- [17] Coelli, T.J. (1996). A guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Frontier i. Production Function Estimation. CEPA Working Paper 96/07. School of Economics, ii. University of New England, Armidale.
- [18] Coelli, T., Rao, D. S. P., Battese, G. E. (2005). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, second edition, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [19] Dzene R. (2010): What Drives Efficiency on the Ghanaian Cocoa Farm? Ghana Institute of Management and Public Administration (GIMPA), Accra.
- [20] Folayan, J.A., Daramola, G.A., Oguntade, A.E. (2006): Structure and performance evaluation of cocoa marketing institutions in South-Western Nigeria: An economic analysis. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2006, 4(2):123-128.
- [21] Gray A. (2001): The World Cocoa Market Outlook. LMC International Ltd., Ghana.
- [22] Henningsen, A., Daniel, F. M., Anwar, S. A. et al. G. C. (2015). A Meta-Frontier Approach for Causal Inference in Productivity Analysis: The Effect of Contract Farming on Sunflower Productivity in Tanzania. Selected Paper prepared for presentation at the 2015 Agricultural & Applied Economics Association and Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, San Francisco, CA, July: 26-28.
- [23] Mariano J.M., Villano, R., Fleming E. et al. (2010). 共同前沿 analysis of farm-level efficiencies and environmental-technology gaps in Philippine rice farming. In: 54th Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society (AARES), Adelaide, South Australia, 8–12 February 2010.
- [24] Meeusen, W., Van Den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Function with Composed Error. *International Economic Review*, 1977, 18 (3): 435-444.
- [25] Moreira V.H., Bravo-Ureta B.E. (2010). Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three southern cone countries: a stochastic 共同前沿 model. *Journal of Productivity Analysis*, 2010(33): 33–45.
- [26] National Survey on Agricultural Exportable commodities (NSAEC). (2013). Collaborative Survey Conducted by National Bureau of Statistics, Central Bank of Nigeria, Federal Ministry of Agriculture & Rural Development and Federal Ministry of Trade & Investment. May, 2013.
- [27] NBS - National Bureau of Statistics. (2012). LSMS: Integrated surveys on Agriculture: General Household Survey Panel, 2010/11.
- [28] Nkamleu, G.B., Nyameck, J., Gockowski, J. (2010). Technology Gap and Efficiency in Cocoa Production in West and Central Africa: Implication for Cocoa Sector Development. Working Papers Series No. 104, Africa Development Bank, Tunis, Tunisia.
- [29] Nyagaka D.O., Obare G.A., Omiti J.M. et al. (2010). Technical efficiency in resource use: evidence from smallholder Irish potato

- farmers in Nyandaura North District, Kenya. *Africa Journal of Agricultural Research*, 2010(5): 1179–1186.
- [30] O'Donnell, C.J., Rao, D.S.P., Battese, G.E. (2008). 共同前沿 frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics* 34, 2008(2): 231-255.
- [31] Ogundari, K., Ojo, S.O., Ajibefun, I.A. (2006). Economics of Scale and Cost Efficiency in Small Scale Maize Production: Empirical Evidence from Nigeria. *Journal of Social Science*, 2006, 13(2): 131-136.
- [32] Oluyole, K.A., Usman, J.M. Oni, O. A. et al. (2013). "Input Use Efficiency of Cocoa Farmers in Ondo State, Nigeria." *Journal of Finance and Economics*, 2013, 1(1):8-10.
- [33] Onumah, J.A., Onumah, E.E., Al-Hassan, R.M. et al. (2013). Meta-frontier analysis of organic and conventional cocoa production in Ghana. *AGRIC. ECON. CZECH*, 2013 59(6): 271–280.
- [34] Otieno, D.J., Hubbard, L., Ruto, E. (2014). Assessment of technical efficiency and its determinants in beef cattle production in Kenya. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 2014, 6(6): 267-278.
- [35] Popoola, O.A., Ogunsola, G.O., Salman, K.K. (2015). Technical Efficiency of Coca Production in Southwest Nigeria. *International Journal of Agriculture and Food Research*, 2015, 4 (4): 1-14.
- [36] Taphee, B. G., Musa, Y. H., Vosanka, I. P. (2015). Economic Efficiency of Cocoa Production in Gashaka Local Government Area, Taraba State, Nigeria. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2015, 6(1): 570-576.
- [37] Villano, R., Boshraadi, H. M., Fleming, E. (2010). When is meta frontier analysis appropriate? An example of varietal differences in Pistachio production in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2010, 12(4):379-389.
- [38] Whistler, D., White, K.J., Bates, D., (2007). SHAZAM econometrics software and user's reference manual version 10. Northwest Econometrics, Ltd., Vancouver, <http://shazam.econ.ubc.ca/>.
- [39] Wooldridge, J. M., 2002. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT Press, Massachusetts.