

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20201216

· 农业区划 ·

# 我国农业绿色全要素生产率的区域差异 与收敛性分析\*

纪成君, 夏怀明<sup>※</sup>

(辽宁工程技术大学, 葫芦岛 123000)

**摘要** [目的] 为有效识别农业绿色全要素生产率的地区差异, 并为政府在协调区域发展方面提供证据。[方法] 文章首先构建碳排放约束下的 SBM-DEA 模型来测度 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率, 在此基础上分别使用莫兰指数法、热点分析法对农业绿色全要素生产率的全局空间相关性与局部空间相关性进行分析, 并基于空间角度探究其收敛性。[结果] (1) 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率波动式上升, 主要依靠技术进步驱动, 技术效率变化程度较小。贵州、海南、重庆等地区农业绿色全要素生产率属于“高速增长型”地区, 河南、四川、福建等地区农业绿色全要素生产率属于“稳步增长型”地区, 而北京、吉林与新疆 3 地农业绿色全要素生产率属于“持续降低型”地区。(2) 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率存在显著的空间相关性, 但有一定的波动, 呈现出“强—弱—强”的走势特点。同时, 我国农业绿色全要素生产率表现出较强的空间集聚特性, 2011—2016 年农业绿色全要素生产率的热点区域呈现“西部地区热点区域逐渐消失, 东中部地区热点区域明显增多”的特点, 冷点区域则一直集中在东三省地区。(3) 我国农业绿色全要素生产率存在显著的绝对  $\beta$  收敛趋势, 且空间效应使我国农业绿色全要素生产率的收敛速度变快; 东中西三大区域均存在显著的绝对  $\beta$  收敛, 各区域内部农业绿色全要素生产率呈现趋同化, 其中, 西部地区农业绿色全要素生产率的收敛速度最快, 其次是中部地区, 东部地区最慢。[结论] 文章提出了破除流动障碍, 强化区域相关性、落实区域协调发展战略, 扩大高集聚区域以及强调区域特色发展, 提高收敛速度的建议。

**关键词** 农业绿色全要素生产率 非期望 SBM-DEA 模型 莫兰指数 热点分析 收敛性

**中图分类号**: F329.9 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2020]12136-08

## 0 引言

农业作为国民经济的基础, 关乎经济发展和社会稳定。改革开放以来, 我国农业发生了历史性的转折, 突破了原有计划经济体制的障碍, 创造了以不足世界 9% 的耕地面积养活世界 21% 的人口的奇迹。改革开放 40 年来, 我国农业生产总值年均增长 4.6%, 粮食连年丰收, 实现了“十三连增”, 农民收入持续增长, 城乡差距缩小。然而不可忽视的是, 在农业高速发展的背后, 农业生产的结构性、体制性矛盾突出, 资源环境双重约束不断凸显, 农民收入稳定增长动力不足, 农业面临转型升级和供给侧结构性改革压力等问题依旧存在<sup>[1]</sup>。在制度红利得到充分释放、环境压力加剧、劳动力不断向城市转移、过度依赖投入的粗放增长方式不可持续的情况下<sup>[2,3]</sup>, 农业农村经济生产效率和质量的提升是乡村振兴的基础, 我国农业发展的根本出路在于提升农业全要素生产率<sup>[4,5]</sup>。全要素生产率的提升对于维持经济持续稳定增长具有重要作用, 在实现我国农业现代化、推动乡村振兴乃至经济发展提质增效方面意义重大。农业生产过程具有典型的区域化差异, 因此, 有效识别农业绿色全要素生产率的地区差异有助于政府在协调区域发展方

收稿日期: 2019-11-13

作者简介: 纪成君 (1962—), 男, 黑龙江牡丹江人, 博士、教授。研究方向: 企业理论与企业制度、产业组织与产业政策

※通讯作者: 夏怀明 (1992—) 男, 安徽安庆人, 硕士生。研究方向: 企业管理与公司治理。Email: xhm20190718@163.com

\*资助项目: 辽宁省教育厅项目“业缘关系网络影响小规模农户收入的机制研究”(w2014056)

面提供证据,具有重要的现实意义。因此近年来我国农业绿色全要素生产率地区差异情况如何?呈现怎样的空间分布规律?是否存在收敛趋势?这些都是我们要回答的科学问题。

目前,关于农业全要素生产率的研究多集中在测算与地区差异分析方面。测算多集中于宏观国家农业全要素生产率测算<sup>[6,7]</sup>,中观省份、行业农业全要素生产率测算<sup>[8]</sup>以及微观农户、农产品全要素生产率测算<sup>[9,10]</sup>等方面。测算方法主要有非参数法和参数法,DEA 非参数方法在测算多投入,多产出时具备优势,成为应用最为广泛的非参数方法,在测算农业全要素生产率时多会使用 DEA-Malmquist 方法<sup>[11,12]</sup>,而参数方法则是以随机前沿生产函数(SFA)为主<sup>[13]</sup>,此后很多研究考虑到 DEA 方法的径向以及松弛性等问题,开始将 SBM、HMB 等指数与 DEA 相结合来测算农业全要素生产率<sup>[14,15]</sup>。近年来,经济飞速发展带来的能源过度消耗、资源利用效率低,以及环境质量持续下降等问题引人深醒,越来越多的学者关注绿色全要素生产率<sup>[16,17]</sup>,相较传统的农业 TFP,农业绿色全要素生产率在计算过程中考虑了非期望产出(碳排放以及环境污染等)。地区差异分析方面,主要是采用  $\sigma$  收敛与  $\beta$  收敛的方法对农业全要素生产率的收敛性进行分析,比如石晶和李林<sup>[18]</sup>研究发现我国棉花主产区全要素生产率差距逐步缩小,存在绝对  $\beta$  收敛。史常亮等<sup>[19]</sup>认为各地区间的农业全要素生产率差异性较大,同时也呈现出收敛的趋势。葛鹏飞等<sup>[20]</sup>使用 SBM-DDF 方法对我国农业绿色全要素生产率的收敛性进行了研究,发现我国粮食主产区、功能区均未呈现出  $\beta$  收敛和  $\sigma$  收敛趋势,但主销区却呈现出了空间收敛趋势。同时也有研究认为我国农业全要素生产率多样甚至呈现“V”形波动的特征<sup>[21]</sup>。

现有研究为以后的研究提供了基础,但仍存在完善的空间,已有研究对农业全要素生产率的空间把握不够,尤其是对局部集聚情况的探讨较少,此外关于收敛性的研究也较少考虑到空间影响。基于此,文章首先使用非径向、非期望的 DEA-Malmquist 指数方法测算 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率,在此基础上,使用莫兰指数及 Getis-Ord  $G_i^*$  模型探索其空间相关性,最后进行收敛性分析。

## 1 研究设计

### 1.1 研究方法

全局空间自相关(Global Moran I)。莫兰指数 I 可以判断相关数据是否适用于空间计量方法并考察其空间集聚效应。Moran's I 计算方法为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

式(1)为 Moran's I 的计算方法,莫兰指数 I 取值区间为 (-1, 1) 0 以上表示存在空间正相关,0 以下表示存在空间负相关。

热点分析(Getis-Ord  $G_i^*$ )。G-i-星号模型是构建在经典的 G 统计和 Moran's I 统计之上的,将 G 统计和 I 统计联合起来,用来揭示局部要素空间分布相对于总体的模式特征,识别出具有统计显著性聚类的区域,说明这些事件正在受某些空间过程因子的影响,存在空间上的关联性。

SBM-非期望-DEA-Malmquist 指数方法。在传统测算农业全要素生产率模型的基础上,将碳排放作为非期望产出纳入核算框架,同时使用 Tone<sup>[25]</sup>提出的 SBM 模型以解决传统 DEA 模型存在的径向距离问题,具体测算模型为:

$$\begin{aligned} M_i(X_{t+1}, Y_{t+1}; X_t, Y_t) &= D_i^t(X_t, Y_t) / D_i^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}) \\ & [D_i^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1}) / D_i^t(X_{t+1}, Y_{t+1}) \times D_i^{t+1}(X_t, Y_t) / D_i^t(X_t, Y_t)]^{1/2} \\ & = EC(X_{t+1}, Y_{t+1}; X_t, Y_t) \times TC(X_{t+1}, Y_{t+1}; X_t, Y_t) \end{aligned} \quad (2)$$

模型中全要素生产率指数又可以分解为技术效率变化(EC)以及技术进步变化(TC)两个部分。

### 1.2 样本选取与数据处理

①投入变量的处理。各地区农业投入主要包括土地投入、农业机械化投入、化肥投入、农药投入以及劳动力投入等。鉴于耕地存在的休复耕情况,该文用农作物播种面积(千  $\text{hm}^2$ )来表示;农业机械化投入

使用农业机械总动力（万 kW）表示；化肥投入使用化肥使用量（t）表示；地膜、柴油及农药投入以其使用量（t）表示；劳动力投入使用第一产业从业人数（万人）表示。

②产出变量的处理。第一，该文涉及的产出变量包括最终产出农林渔牧业总产值（亿元）以及中间产出粮食产量（万 t）两项；进行绿色全要素生产率测算之前首先使用历年来生产者物价指数（PPI）对农林渔牧业总产值（亿元）进行平减操作，以消除通胀因素的影响。第二，该文涉及的非期望产出变量以农业生产过程中的碳排放总量为：

$$C = \sum T_i * \delta_i \quad (3)$$

式（3）中， $C$  表示农业生产过程中的碳排放总量， $T_i$  为各碳排放源， $\delta_i$  为各碳排放源的排放系数，碳排放源系数如表 1 所示。

以上各变量数据来源于《中国农村统计年鉴 2011—2017》《中国统计年鉴 2011—2017》以及《中国县域统计年鉴 2011—2017》。

表 1 碳源排放系数

碳源	系数	碳源	系数
化肥	0.896kg/kg	翻耕	20.476kg/hm <sup>2</sup>
农药	4.934kg/kg	灌溉	312.600kg/km <sup>2</sup>
地膜	5.180kg/kg	柴油	0.593kg/kg

## 2 研究结果与分析

### 2.1 总体分析

该文首先使用非径向、非期望的 DEA-Malmquist 指数方法测算 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率。研究发现，2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率波动式上升，主要依靠技术进步驱动，技术效率变化程度较小，印证了刘战伟<sup>[22]</sup>的研究结论。2011—2016 年农业绿色 TFP 分别为 0.968, 1.115, 1.041, 1.013, 1.026 与 0.955，于 2011 年与 2016 年出现了递减的现象，其他年份均较前期保持递增，其中 2011 年与 2016 年农业绿色 TFP 出现递减的原因主要由于技术进步降低导致的（图 1）。

在此基础上，该文对 2011—2016 年我国各省累积农业绿色全要素生产率变化情况进行分析，2011—2016 年，北京、吉林与新疆 3 个地区农业绿色全要素生产率总体上出现了降低的现象，上海市保持不变，我国其他省市自治区的农业绿色全要素生产率总体上均实现了增长。其中贵州、海南、重庆、甘肃、宁夏、天津、云南、广东、山西、浙江、安徽、辽宁、广西、青海以及湖南等地区农业绿色全要素增长率超过平均增长速度（0.019 6），称之为“高速增长型”地区。河南、四川、福建、陕西、江西、河北、湖北、内蒙古、山东、黑龙江、西藏、江苏以及上海等地区农业绿色全要素增长率介于 0 与平均增长速度（0.019 6）之间，称之为“稳步增长型”地区。北京、吉林与新疆 3 地农业绿色全要素增长率小于 0（出现负增长），称之为“持续降低型”地区（表 2）。可以看出，北京、上海等地农业绿色全要素生产率的增长率较低，主要是由于北京、上海作为我国的政治、经济中心，其重心偏离农业，逐步向服务业、数字产业发展，农业处于弱势发展地位，因此绿色 TFP 增长率较低；而新疆由于自然条件禀赋约束，耕种条件较差，其农业的支柱产业为棉花及畜牧业等，因此绿色 TFP 增长率也偏低；研究结论印证了梁俊和龙少波<sup>[23]</sup>的研究发现，即上海与西北部地区的农业绿色全要素生产率增长偏低。在该文的研究中河北、山东、吉林等农业大省的农业绿色全要素生产率在 2011—2016 年却呈现较低的增长率，与相关研究结论一致，而江苏省的农业绿色全要素增长率与相关研究有所差异，主要是研究方法与样本区间差异导致，比如李欠男等<sup>[24]</sup>的研究样本区间为 1978—2015 年，采取了传统的 DEA-Malmquist

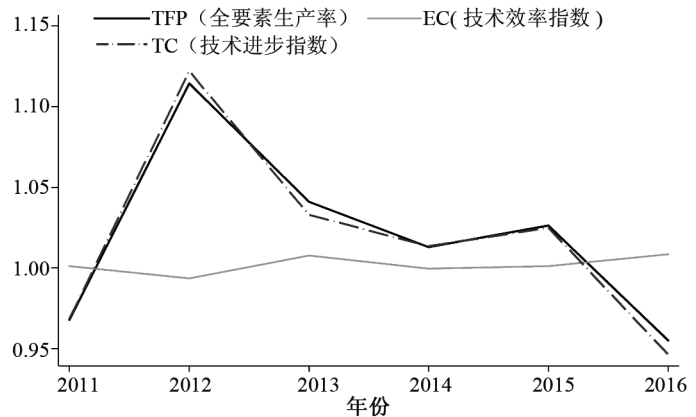


图 1 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率指数及其因素分析

指数方法,而郭海红等<sup>[25]</sup>的研究方法则是基于 EBM 指数 ML 方法,样本区间为 2005—2015 年,与该文的研究方法与数据区间存在一定差异。

表 2 2016 年我国各地农业全要素生产率

地区	TFP	地区	TFP	地区	TFP	地区	TFP	地区	TFP
贵州	0.066 3	广东	0.029 9	青海	0.020 8	江西	0.013 9	西藏	0.002 5
海南	0.060 3	山西	0.028 9	湖南	0.020 5	河北	0.010 4	江苏	0.000 7
重庆	0.048 7	浙江	0.027 5	河南	0.017 9	湖北	0.010 1	上海	0.000 0
甘肃	0.039 5	安徽	0.026 2	四川	0.015 2	内蒙古	0.007 6	北京	-0.007 0
宁夏	0.036 2	辽宁	0.025 1	福建	0.014 5	山东	0.005 9	吉林	-0.011 0
天津	0.032 8	广西	0.024 3	陕西	0.014 1	黑龙江	0.005 4	新疆	-0.011 6
云南	0.031 5								

## 2.2 空间自相关分析

(1) 基于 Global Moran I 的全局空间自相关分析。基于测算的我国农业绿色全要素生产率,使用 GIS 软件,计算了 2011—2016 年我国农业全要素生产率的莫兰指数,其中 2011 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数为 0.086,通过了 5% 显著性水平检验;2012 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数为 0.146,通过了 1% 显著性水平检验;2013 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数为 0.001,未通过显著性水平检验;2014 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数为 0.061,通过了 5% 显著性水平检验;2015 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数为 -0.032,未通过显著性水平检验;2016 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数为 0.133,通过了 5% 显著性水平检验(表 3)。

总体来看,2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率呈现出较强的空间相关性,除 2013 与 2015 年外,其余年份均存在显著的正向冲击。2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率存在一定的波动,呈现出“强—弱—强”的走势特点(图 2)。可能的原因在于“十一五”期

间国家深入推进区域协调发展战略,并于 2011 年建立了首个全国主体功能区,这一时间段内地区间的联系更为紧密,从而正向促进了农业绿色全要素生产率的空间相关性;2015 年京津冀一体化推进、长江经济带建设相关规划和沿江区域合作推进以及“一带一路”战略开局也加强了地区间的联系,有助于农业绿色 TFP 空间相关性的提高,可见,政府政策在很大程度上影响我国农业绿色全要素生产率的空间相关性。

(2) 基于 Getis-Ord  $G_i^*$  的局部自相关分析。该文使用热点分析(Getis-Ord  $G_i^*$ )用来探究  $i$  地区的农业绿色全要素生产率与邻近地区的趋同及差别程度,使用 GIS 软件对 2011 年和 2016 年我国农业绿色全要素生产率的  $G_i^*$  指数及热点图进行了测算与绘制(图 3)。2011 年我国农业绿色全要素生产率的热点区域集中在西部地区及中南地区部分省份,包括海南、云南、贵州、广西、四川、甘肃以及宁夏 6 个地区;

表 3 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率的莫兰指数

年份	Moran's I	Z 值	P 值
2011	0.086 **	2.295	0.022
2012	0.146 ***	3.372	0.001
2013	0.001	0.669	0.503
2014	0.061 **	1.997	0.046
2015	-0.032	0.031	0.975
2016	0.133 **	3.149	0.002

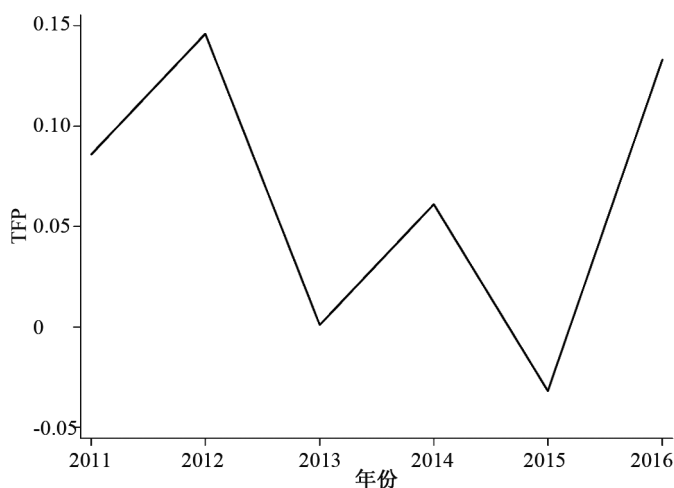


图 2 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率莫兰指数走势

冷点区域则集中分布于东北地区,包括辽宁、吉林以及黑龙江3省。从2011年我国农业绿色全要素生产率的分解指标(技术效率和技术进步)的热点图来看,技术进步的局部自相关特征与农业绿色全要素生产率基本保持一致,其中热点区域包括云南、贵州、广西、四川、甘肃、宁夏、重庆及湖北等地,冷点区域包括辽宁、吉林以及黑龙江3省;而技术效率则没有明显的热点区域,陕西省与湖北省为冷点区域。

截止2016年,农业绿色全要素生产率的热点区域发生了明显的变化,呈现“西部地区热点区域逐渐消失,东中部地区热点区域明显增多”的特点,东部热点区域新增江苏、浙江、福建、广东与上海5个地区,中部新增河南、湖北、安徽、湖南与江西5个地区,截止2016年,2011年农业绿色全要素生产率的热点区域基本消失,仅剩贵州1省。2016年农业绿色全要素生产率的冷点区域未有变化,东三省依然属于冷点区域。2016年技术进步的热点区域也呈现出“由西向东中部转移”的特点,东部地区技术进步的热点区域新增江苏、上海、浙江3个地区,中部地区技术进步的热点区域新增湖南、江西、河南、安徽4地区,截止2016年,2011年技术进步的热点区域基本消失,仅剩湖北1省;2016年东三省仍属于技术进步的冷点区域。2016年技术效率的热点区域明显增多,主要集中在中南地区与华东地区,包括陕西、湖北、湖南、重庆、贵州、广西、海南、广东、福建、浙江以及上海等地,冷点区域则由2011年的陕西与湖北两省变为新疆。

### 2.3 收敛性分析

该文使用绝对 $\beta$ 收敛主要探究中国农业绿色全要素生产率是否存在趋同化趋势,即低效率地区能否追赶高效率地区,并在长期内保持均等化。绝对 $\beta$ 收敛分析公式为:

$$\frac{[\ln(TE_{it}) - \ln(TE_{i0})]}{T} = \alpha + \beta \ln(TE_{i0}) + \varepsilon \quad (4)$$

公式(4)中, $TE_{it}$ 以及 $TE_{i0}$ 分别为 $t$ 时期 $i$ 区域的农业绿色全要素生产率以及基期(2011年) $i$ 区域的农业绿色全要素生产率,在实证结果中,若 $\beta$ 值为负,说明存在绝对 $\beta$ 收敛。通过上述分析可以得知,我国农业绿色全要素生产率存在显著的空间相关性,因此该文使用空间误差模型对中国农业绿色全要素生产率进行收敛性分析(表4)。

表4 我国农业绿色全要素生产率绝对 $\beta$ 收敛结果

	不考虑空间效应			考虑空间效应		
	系数	标准差	P值	系数	标准差	P值
$\beta$	-0.132***	0.014	0.000	-0.134***	0.011	0.000
lambda	—	—	—	0.679***	0.052	0.000

从表4的结果看,在不考虑空间效应情况下, $\beta$ 值为-0.132,且通过了1%显著性水平检验,这表明我国农业绿色全要素生产率存在绝对 $\beta$ 收敛,即农业绿色全要素生产率低地区有追赶农业绿色全要素生产率高地区的趋势;考虑空间效应情况下,空间冲击(lambda)的值为0.679,且通过了1%显著性水平检验,这说明空间效应对我国农业绿色全要素生产率存在显著的正向影响,毗邻地区的农业绿色全要素生产率对 $i$ 地区有显著影响。因此,在进行收敛性分析时,将空间效应考虑在内更为合理,考虑空间影响下, $\beta$ 值为-0.134,通过了1%显著性水平检验,存在绝对 $\beta$ 收敛,且相较于未考虑空间效应时的收敛速度更快。出现这一现象的原因在于近年来伴随科技的进步,经济的发展,人力、物力以及各种知识信息在全国范围内的流动变得更为自由,这种情况下各地区间农业绿色全要素生产率得到趋同化发展,各地区之间的收敛率得以加快。

同时考虑到农业生产存在显著的地域差异,因此该文同时报告了东中西地区的绝对 $\beta$ 收敛结果(表5)。

从表5东中西三大区域农业绿色前沿要素生产率绝对 $\beta$ 收敛结果看,2011—2016年我国东中西地区的农业全要素生产率的绝对收敛的 $\beta$ 系数分别为-0.124, -0.126与-0.164,均通过了1%显著性水平

表 5 东中西三大区域农业绿色前沿要素生产率绝对  $\beta$  收敛结果

	东部地区		中部地区		西部地区	
	系数	<i>P</i> 值	系数	<i>P</i> 值	系数	<i>P</i> 值
$\beta$	-0.124***	0.000	-0.126***	0.000	-0.164***	-6.700
lambda	0.492***	4.630	0.853***	23.540	0.113***	0.640

检验,同时东中西地区的空间冲击 ( $\lambda$ ) 值均显著为正,表明 2011—2016 年我国三大区域均存在显著的绝对  $\beta$  收敛,各区域内部农业绿色全要素生产率的呈现趋同化。其中,西部地区农业绿色全要素生产率的收敛速度最快,其次是中部地区,东部地区最慢。可能的原因在于西部地区有四川、广西这样的农业大省,亦有自然条件、农业生产条件、技术水平相当的其余省份,伴随西部大开发战略以及区域协调发展的逐渐落地,西部落后省份能够以较快的速度实现对发达省份的追赶;反观东部地区,北京、上海等地城市化进程迅速,近年来农业发展较为滞后,伴随三农、乡村振兴等战略的实施,东部地区的传统农业大省发展迅速,导致东部地区内部的收敛效应较慢。

### 3 研究结论与政策建议

#### 3.1 研究结论

该文首先构建碳排放约束下的 SBM-DEA 模型来测度 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率,在此基础上分别使用莫兰指数法、热点分析法对农业绿色全要素生产率的全局空间相关性与局部空间相关性进行分析,并基于空间角度探究其收敛性。研究结论如下。

(1) 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率波动式上升,主要依靠技术进步驱动,技术效率变化程度较小。贵州、海南、重庆等地区农业绿色全要素生产率属于“高速增长型”地区,河南、四川、福建等地区农业绿色全要素属于“稳步增长型”地区,而北京、吉林与新疆 3 地农业绿色全要素属于“持续降低型”地区。

(2) 2011—2016 年我国农业绿色全要素生产率呈现出较强的空间相关性,但存在一定的波动,呈现出“强—弱—强”的走势特点。同时,我国农业绿色全要素生产率表现出较强的空间集聚特性,2011—2016 年农业绿色全要素生产率的热点区域呈现“西部地区热点区域逐渐消失,东中部地区热点区域明显增多”的特点,冷点区域则一直集中在东三省地区。技术进步的冷热点也呈现出与农业绿色全要素生产率类似的变动趋势。

(3) 我国农业绿色全要素生产率存在显著的绝对  $\beta$  收敛趋势,且空间效应使我国农业绿色全要素生产率的收敛速度变快;东中西三大区域均存在显著的绝对  $\beta$  收敛,各区域内部农业绿色全要素生产率的呈现趋同化,其中,西部地区农业绿色全要素生产率的收敛速度最快,其次是中部地区,东部地区最慢。

#### 3.2 政策建议

(1) 破除流动障碍,强化区域相关性。可以看到空间效应对我国农业绿色全要素生产率存在显著的正向影响,但现阶段我国的户籍制度、流动成本等问题导致农业人力资本区域流动存在障碍;资本的逐利性与产出效应导致资本在不同禀赋条件区域流动不协调;农业技术推广机制不健全、队伍素质低、推广资金导致技术在不同区域流动不顺畅。因此应加强各区域之间的耦合互动,加强技术扩散、加大资本流动等手段,实现人力、物力以及各种知识信息在各区域之间的自由流动,打造关联紧密、资源共享、通力合作的区域联结机制。

(2) 落实区域协调发展战略,扩大高集聚区域。我国农业绿色全要素生产率与技术进步存在较强的空间集聚特性,且于 2011—2016 年呈现出热点区域“由西向东中部转移”,冷点区域“东三省恒定”的特点,因此,应当进一步落实区域协调发展战略,促进知识技术向西部地区与东北部地区的转移,强化其技术进步水平,从而实现其农业绿色全要素生产率与技术进步的高集聚。

(3) 强调区域特色发展, 提高收敛速度。可以看出, 2011—2016年我国农业绿色全要素生产率不仅总体上表现出显著的收敛趋势, 东中西各区域内部均存在显著的绝对 $\beta$ 收敛。因此, 应当充分发挥区域发展特色, 如东部地区的北京、上海可大力发展都市农业, 西部地区则应强化农业技术水平, 中部地区则应进一步发挥自身的资源禀赋优势, 从而提高各区域收敛速度。

## 参考文献

- [1] 翁鸣. 农业供给侧结构性改革理论与实践探索——深入推进农业供给侧结构性改革研讨会综述. 中国农村经济, 2017 (8): 91-96.
- [2] Hu R, Huang J, Jin S, et al. Assessing the contribution of China's research system and CG genetic materials to the total factor productivity of maize in China. Journal of Rural Development Korea, 2000, 23 (1): 33-70.
- [3] Jin S, Huang J, Hu R, et al. The creation and spread of technology and total factor productivity in China's agriculture. American Journal of Agricultural Economics, 2002, 84 (4): 916-930.
- [4] Scott Rozelle, 黄季焜. 中国的农村经济与通向现代工业国之路. 经济学(季刊), 2005, 4 (3): 201-224.
- [5] Ma S, Feng H. Will the decline of efficiency in China's agriculture come to an end? An analysis based on opening and convergence. China Economic Review, 2013, 27: 179-190.
- [6] Tchale H. The Efficiency of smallholder agriculture in Malawi. African Journal of Agriculture and Resource Economics, 2009, 3 (2): 101-121.
- [7] Lubis R, Daryanto A, Tambunan M, et al. Technical, allocative and economic efficiency of pine-apple production in West Java Province, Indonesia: A DEA approach. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 2014, 7 (6): 18-23.
- [8] 田伟, 李明贤. 基于SFA的中国农业生产技术效率分析——以油菜生产为例. 生产力研究, 2009 (21): 55-56, 73.
- [9] Key N D, McBride W D, Mosheim R. Decomposition of total factor productivity change in the U. S. Hog Industry, Journal of Agricultural and Applied Economics, 2008, 40 (1): 137-149.
- [10] 王丽霞, 常伟. 我国家庭农场的全要素生产率及其差异. 华南农业大学学报(社会科学版), 2017, 16 (6): 20-31.
- [11] Lambert D K, Parker E. Productivity in Chinese provincial agriculture. Journal of Agricultural Economics, 1998, 49 (3): 378-392.
- [12] 陈卫平. 中国农业生产率增长、技术进步与效率变化: 1990-2003. 中国农村观察, 2006 (1): 18-23.
- [13] 余康, 郭萍, 章立. 我国农业劳动生产率地区差异动态演进的決定因素——基于随机前沿模型的分解研究. 经济科学, 2011, 33 (2): 42-53.
- [14] 葛静芳, 李谷成, 尹朝静. 我国农业全要素生产率核算与地区差距分解——基于Fare-Primont指数的分析. 中国农业大学学报, 2016, 21 (11): 117-126.
- [15] 李谷成, 范丽霞, 成刚, 等. 农业全要素生产率增长: 基于一种新的窗式DEA生产率指数的再估计. 农业技术经济, 2013 (5): 4-17.
- [16] 王奇, 王会, 陈海丹. 中国农业绿色全要素生产率变化研究: 1992—2010年. 经济评论, 2012 (5): 24-33.
- [17] 李谷成. 中国农业的绿色生产率革命: 1978—2008年. 经济学(季刊), 2014 (2): 537-558.
- [18] 石晶, 李林. 我国棉花主产区全要素生产率测算及收敛性分析. 统计与决策, 2014 (4): 120-123.
- [19] 史常亮, 朱俊峰, 揭昌亮. 中国农业全要素生产率增长地区差异及收敛性分析——基于固定效应SFA模型和面板单位根方法. 经济问题探索, 2016 (4): 134-141.
- [20] 葛鹏飞, 王颂吉, 黄秀路. 中国农业绿色全要素生产率测算. 中国人口·资源与环境, 2018, 28 (5): 66-74.
- [21] 匡远凤, 彭代彦. 中国环境生产效率与环境全要素生产率分析. 经济研究, 2012, 47 (7): 62-74.
- [22] 刘战伟. 中国农业全要素生产率的动态演进及其影响因素分析. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (12): 104-111.
- [23] 梁俊, 龙少波. 农业绿色全要素生产率增长及其影响因素. 华南农业大学学报(社会科学版), 2015, 14 (3): 1-12.
- [24] 李欠男, 李谷成, 高雪, 等. 农业全要素生产率增长的地区差距及空间收敛性分析. 中国农业资源与区划, 2019, 40 (7): 28-36.
- [25] 郭海红, 张在旭, 方丽芬. 中国农业绿色全要素生产率时空分异与演化研究. 现代经济探讨, 2018 (6): 85-94.

**STUDY ON THE IMPACT OF AGRICULTURAL SCIENCE AND  
TECHNOLOGY SERVICE ON AGRICULTURAL GREEN  
TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY IN CHINA \***

**Ji Chengjun, Xia Huaiming\***

(Liaoning Technical University, Huludao 123000, Liaoning, China)

**Abstract** In order to calculate green total factor productivity of agriculture and conduct an analysis on the global spatial correlation, local spatial correlation and its convergence in China from 2010 to 2016, this paper first conducted the SBM-DEA model under the constraint of carbon emission and then utilized the Moran index method and hot spot analysis method. The results showed that: (1) From 2010 to 2016, China's green total factor productivity of agriculture rose in a fluctuating manner, which was mainly driven by technological progress, with little change in technical efficiency. Guizhou, Hainan and Chongqing belonged to the "high-speed growth" region, Henan, Sichuan and Fujian belonged to the "steady growth" region, and Beijing, Jilin and Xinjiang belonged to the "sustained decline" region. (2) From 2011 to 2016, China's green total factor productivity of agriculture had a significant spatial correlation, while there were certain fluctuations that showed the trend of "strong-weak-strong". At the same time, China's green total factor productivity of agriculture showed a strong spatial clustering characteristics. From 2011 to 2016, the hot spots of agricultural green total factor productivity showed the characteristics of "hot spots gradually disappeared in the western region, while the hot spots increased significantly in the eastern and central regions", and the cold spots had been concentrated in the eastern three provinces. (3) China's green total factor productivity of agriculture had a significant convergence trend of absolute beta, and the spatial effect made the convergence speed of China's agricultural green total factor productivity faster; The convergence of absolute beta was significant in the eastern, central and western regions, and the convergence of agricultural green total factor productivity in each region was similar. Among them, the convergence rate of agricultural green total factor productivity is the fastest in the western region, followed by the central region, and the slowest in the eastern region. In summary, this paper puts forward some suggestions, such as breaking the flow barriers, strengthening the regional correlation, implementing the regional coordinated development strategy, expanding the high concentration area, emphasizing the development of regional characteristics, and improving the convergence speed.

**Keywords** agricultural green total factor productivity; non-expectation SBM-DEA model; Moran index; hot spot analysis; the convergence