

中国玉米全要素生产率增长分解与空间收敛性

郭焱 占鹏 邓远远 朱俊峰*

(中国农业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘要 基于1979—2018年中国19个玉米主产省的成本收益面板数据,运用Hicks-Moorsteen生产率指数测算了玉米全要素生产率(TFP)增长情况,并在此基础上使用空间杜宾模型对其收敛性进行检验。结果表明:1)1979—2018年中国玉米TFP年均增长率为2.20%,前沿技术进步是玉米TFP增长的主要驱动力;2)中国玉米TFP增长及其动力机制存在显著的空间差异,并且绝大多数省份都表现出技术进步与技术效率恶化并存的“单驱动”型增长特征;3)中国省际间玉米TFP增长存在着显著的空间收敛趋势,并且由于空间外溢效应的存在,使得各省玉米TFP增长收敛的速度减慢,收敛周期延长。

关键词 全要素生产率;玉米;Hicks-Moorsteen指数;空间收敛

中图分类号 F323.5

文章编号 1007-4333(2021)01-0185-11

文献标志码 A

Decomposition and spatial convergence of TFP growth of Chinese maize

GUO Yan, ZHAN Peng, DENG Yuanyuan, ZHU Junfeng*

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Based on the balanced panel data in 19 provinces from 1979 to 2018, this study uses Hicks-Moorsteen productivity index to measure the growth of total factor productivity (TFP) of maize. A spatial dobbin model is used to test its spatial convergence. The results show that: 1) The average annual growth rate of maize TFP from 1979 to 2018 is 2.20%, and the cutting-edge technological progress is the main driving force. 2) There are significant spatial differences in TFP growth and its dynamic mechanism in China. Maize productions in most provinces show the “single drive” type growth characteristic, which is coexisted with the deterioration between technological progress and technical efficiency. 3) There is a significant spatial convergence trend of inter-provincial maize TFP growth in China. Because of the existence of spatial spillover effect, the growth rate of maize TFP is slowed down and the convergence period is prolonged.

Keywords total factor productivity; maize; Hicks-Moorsteen index; spatial convergence

玉米是一种用途广泛的粮食作物,是食品、饲料和工业原料的兼用作物。随着中国经济的快速发展和居民消费水平的不断提高,人们对肉蛋奶的消费量大幅增加,作为饲料主要来源的玉米的消费量也随之上升。同时,以酒精、淀粉等为代表的玉米加工产品不断创新,玉米加工产业迅速扩张,增加了对玉

米的需求。可以预见,随着畜牧业和玉米加工业的快速发展,玉米的需求量将会持续增长。相比于其他作物,玉米因其适应性强、产量高且稳定、比较收益明显而在全国广泛种植^[1],是目前播种面积最大、产量最高的粮食作物之一^[2]。玉米产业持续稳定发展对保障国家粮食安全、增加农民收入、满足居民消

收稿日期:2020-01-17

基金项目:国家自然科学基金项目(71973137);教育部人文社会科学研究项目(18YJA790122);北京市社会科学基金项目(17LJB003);北京食品安全政策与战略研究基地自立项目

第一作者:郭焱,博士研究生,E-mail:guoy418@126.com

通讯作者:朱俊峰,教授,主要从事农业经济理论与政策研究,E-mail:zhujunf@cau.edu.cn

费和维持国民经济的发展具有非常重要的意义。而加强玉米综合生产能力建设,努力增加玉米产量,是确保玉米产业持续稳定发展的关键^[3]。在耕地资源有限、要素投入趋于饱和的情况下,提高玉米的全要素生产率(TFP)可以有效保障玉米产量。因此,有必要对改革开放以来中国玉米 TFP 增长及其效率变动情况进行测算和分析,这对于稳定中国玉米产量,具有十分重要的意义。

目前,众多研究运用不同的方法、从不同视角对中国农业及玉米 TFP 进行了较为深入和具体的讨论。相关研究主要集中于两个方面:一是对 TFP 的增长情况进行测算。从测算范围来看,研究主要可以划分为两大类,一类是对中国农业生产整体的 TFP 测算。通过梳理文献我们可以发现,中国农业增长最初的主要推动力是要素投入增长^[4-5],随后主要体现为技术进步驱动^[6-7]。另一类则是对单个农产品品类 TFP 测算,主要集中在粮食、油菜、棉花等品种^[8-10]。结果显示,不同品种的全要素生产率差异较大,增长速度、波动、趋势等均有较大差异。从测算的方法来看,国内早期的农业 TFP 主要使用索洛余值法及其扩展型进行测算^[11-12],后来放弃完全效率假设和构造生产前沿面来求解 TFP 的生产前沿面方法逐渐成为了测算 TFP 的主流方法^[13-15]。尤其是以数据包络分析法(DEA)为代表的非参数随机前沿方法,由于具有无需事先确定生产函数形式、应用约束较少以及权重可由模型内生决定等诸多优点,在研究中得到了广泛的运用^[16-17]。二是对 TFP 收敛性的研究。现有的研究中,关于农业 TFP 收敛性检验的文献相对较少。韩晓燕等^[18]较早地做出了一定探索,赵蕾等^[19]采用面板单位根检验方法对中国农业生产率的收敛性进行了检验,潘丹等^[20]利用面板单位根检验对农业全要素生产率随机收敛性进行考察,高帆^[21]采用 σ 收敛对全国整体及分地区农业 TFP 的收敛性展开深入探索,但他们各自得出的结论并不一致,存在认知上的冲突。

上述研究为本研究提供了坚实的理论基础与实践借鉴。但仍存在一些有待改进之处:一是在研究对象上,多以大农业或粮食为整体来进行研究,缺乏针对玉米行业 TFP 及其收敛性的研究;二是在时间范围上,所使用数据时序较短,未能从一个更长的时间趋势来分析 TFP,亦不能很好地反映收敛趋势;三是空间范围上,多以少数几个主产区省份为样本,针对全国范围的研究较少;四是在收敛性研究中未

充分考虑空间因素,研究结果可能存在偏差。有鉴于此,本研究使用来自全国 19 个玉米主产省 1979—2018 年的成本收益面板数据,采用 Hicks-Moorsteen 指数测算改革开放以来中国玉米 TFP 增长率,分析其动态演进特点及动力机制;在此基础上,运用空间杜宾模型探讨其空间收敛特征,以期揭示中国玉米产量增长的源泉与存在的问题,为政府制定促进玉米产业持续稳定发展政策提供理论指导和决策依据。

1 研究方法 with 数据

1.1 研究方法

1.1.1 玉米 TFP 测算方法

本研究的核心任务是考察玉米 TFP 的增长和收敛情况,因此,如何准确地测算各地区玉米 TFP 增长率也就自然而然地成为了本研究的关键。在该问题上,基于非参数的 DEA—Malmquist 生产率指数因不用事先设定生产函数形式、无需获取投入产出的价格信息以及权重可由模型内生决定等诸多优点,得到了广泛应用。但是,学者们发现 Malmquist 指数也存在一些固有缺陷:一是 Malmquist 指数只有在规模报酬不变条件下估计才是无偏的,如果缺少该假设条件,则其估计结果不仅难以准确测度规模经济形成的 TFP 变化,而且对技术进步和效率变化的分解也是有偏的;二是 Malmquist 指数在分解过程中遗漏了投入产出混合效应,不仅违背了 TFP 的有效定义,而且在对 TFP 的分解上是不完整的;三是 Malmquist 指数在投入产出角度选择上具有随意性,从而使研究结果失去可比性^[22-24]。为克服上述不足,O'Donnell^[25]以 Malmquist 产出量指数和 Malmquist 投入量指数的比值定义了一种全新的生产率指数——Hicks-Moorsteen 指数(以下简称“HM 指数”)。HM 指数是唯一不需要价格信息的具有乘积特征的理想化指数,在生产率指数分解的完整性、分解后指数经济含义的清晰度等方面都优于 Malmquist 指数。HM 生产率指数可用数学公式表示为:

$$TFP_{ms,nt} = \left[\frac{D_O^s(x_{nt}, q_{nt}) D_O^s(x_{ms}, q_{nt})}{D_O^s(x_{nt}, q_{ms}) D_O^s(x_{ms}, q_{ms})} \times \frac{D_I^t(x_{ms}, q_{nt}) D_I^t(x_{ms}, q_{ms})}{D_I^t(x_{nt}, q_{nt}) D_I^t(x_{ms}, q_{ms})} \right]^{1/2} \quad (1)$$

式中: x_{ms} 和 q_{ms} 分别表示决策单元 m 在 s 时期的投入向量和产出向量; x_{nt} 和 q_{nt} 分别表示决策单元 n

在 t 时期的投入向量和产出向量； $D_I(x, q)$ 和 $D_O(x, q)$ 分别为相应的 Shephard 投入距离函数和 Shephard 产出距离函数； $TFP_{s,t}$ 即为从时期 s 至时期 t 的 TFP 变化率。O'Donnell 在一个总合数量—价格框架下证明了，在多投入多产出的生产过程中具有完全乘法特征的 HM 指数可进一步分解为一项技术变化和多项效率变化的乘积。由此，在产出导向下决策单元 m 在 s 时期的 TFP_{ms} 可以分解为：

$$TFP_{ms} = TFP_s^* \times TFPE_{ms} = TFP_s^* \times (OTE_{ms} \times OSE_{ms} \times RME_{ms}) \quad (2)$$

式中： TFP_s^* 表示技术进步， $TFPE$ 表示效率， OTE 、 OSE 、 RME 分别表示产出纯技术效率、产出规模效率和残余组合效率^①。

同理，可将决策单元 n 在 t 时期的 TFP_{nt} 进行类似分解。然后比较 s 时期决策单元 m 与 t 时期决策单元 n 的 TFP 指数值，可得：

$$TFP_{ms,nt} = \frac{TFP_{nt}}{TFP_{ms}} = \left[\frac{TFP_t^*}{TFP_s^*} \right] \times \left[\frac{OTE_{nt}}{OTE_{ms}} \times \frac{OSE_{nt}}{OSE_{ms}} \times \frac{RME_{nt}}{RME_{ms}} \right] = TPC \times TEC \quad (3)$$

式中：等式右边第一项表示技术进步的变化 (TPC)，如果其值 > 1 ，表示在时期 s 和时期 t 内技术水平有所提升，反之，技术水平下降；第二项表示技术效率的变化 (TEC)，可进一步分解为产出纯技术效率变化、产出规模效率变化和残余组合效率变化，同样地，如果其值 > 1 ，表示时期 s 和时期 t 期内整体效率有所提升，反之，效率下降。

1.1.2 空间收敛检验模型

所谓收敛是指在封闭经济条件下落后地区比发达地区具有更高的经济增长率，从而导致各地区期初的静态指标差异逐步消失的过程。从数学角度讲，就是指各地区的初期静态指标与其增长速度之间存在负相关关系。经典的收敛模型主要有 3 种： σ 收敛、 β 收敛和俱乐部收敛。本研究主要讨论 β 收敛的问题， β 收敛又可进一步分为绝对 β 收敛和条件 β 收敛，前者指由于初始 TFP 水平较低的省份比初始 TFP 水平较高的省份增长更快，二者之间存在“追赶效应”，最终所有省份的农业 TFP 将趋同于相

同的稳态水平；而后者指由于地理位置、资源禀赋、生产条件和经济基础等方面的差异，各省玉米 TFP 最终将趋同于各自的稳态水平。对于 β 收敛的检验可按以下模型进行：

$$d(\ln A_{it}) = \ln A_{it} - \ln A_{i,t-1} = \alpha_1 + \beta_1 \ln A_{i,t-1} + \omega_{it} \quad (4)$$

$$d(\ln A_{it}) = \ln A_{it} - \ln A_{i,t-1} = \alpha_2 + \beta_2 \ln A_{i,t-1} + \delta X_{it} + \omega_{it} \quad (5)$$

其中：下标 i 和 t 分别代表省份和年份； A_{it} 、 $A_{i,t-1}$ 分别为 i 省份在第 t 年和第 $t-1$ 年的玉米 TFP 增长率，取对数累积形式^②； α 、 β 、 δ 为待估计参数； ω 为随机误差项。式(4)中，如果有 β_1 显著小于 0，就说明玉米 TFP 增长具有绝对 β 收敛趋势，收敛速度为 $\lambda = -\ln(1 + \beta_1)$ ，半收敛周期即区域经济体达到其经济稳态水平一半所需要时间为 $k = \ln(2)/\lambda$ ；式(5)中加入了影响玉米 TFP 变动的控制变量 X ，以进一步检验是否存在条件收敛趋势，同样地，如果有 β_2 显著小于 0，就说明玉米 TFP 增长具有条件 β 收敛趋势。

由式(4)和(5)定义的传统 β 收敛模型均隐含地假定玉米 TFP 增长在邻近地区之间不存在空间关联，因此估计结果可能有偏。对于玉米生产而言，相近的地理、气候环境及播种品种等原因，使得区域之间的技术扩散会较其他品种更加容易，尤其是近年来随着农业机械跨区作业的不断发 展，地区之间的玉米 TFP 增长在空间上往往表现出相互依赖性。因此，为了能够更真实地刻画玉米 TFP 增长的这一特征，本研究引入空间地理因素，进一步构建空间 β 收敛模型对中国玉米 TFP 增长的收敛性进行考察，并比较二者在收敛结论上的差异。作为空间计量模型的标准起点，空间杜宾模型是捕捉各类空间溢出效应的标准框架，相比于文献中经常使用的空间滞后模型或空间误差模型，更具有一般性。因此，本研究采用空间杜宾模型对中国玉米 TFP 增长的空间收敛性进行检验。相应地，绝对 β 收敛模型和条件 β 收敛模型可分别设定为：

$$d(\ln A_{it}) = \alpha_1 + \beta_1 \ln A_{i,t-1} + \rho_1 W_n d(\ln A_{it}) + \theta_1 W_n \ln A_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

① 或者分解为产出纯技术效率(OTE)、产出组合效率(OME)和残余产出规模效率(RSE)

② 由于 HM 生产率指数测算的 TFP 为相对值，此处借鉴史常亮等^[7]的做法，将其转化为累积形式再放入回归方程，以规避动态指标无法直接进行回归和生产率在 0 附近变动不显著而造成的计量结果不显著问题。具体做法是，令 1979 年的 TFP 为 1，1980 年的 TFP 等于 1979 年的 TFP 乘以 1980 年的 HM 指数，依此类推。

$$d(\ln A_{it}) = \alpha_2 + \beta_2 \ln A_{i,t-1} + \delta X_{it} +$$

$$\rho_2 \mathbf{W}_n d(\ln A_{it}) + \theta_2 \mathbf{W}_n \ln A_{i,t-1} + \varphi \mathbf{W}_n X_{it} + \epsilon_{it} \quad (7)$$

式中： \mathbf{W}_n 为 $n \times n$ 阶的空间权重矩阵，本研究采用各省会城市之间直线欧式距离的倒数作为权重，这既克服了二元邻接矩阵过于简单、不能很好地描述那些不相邻但空间距离很近的省份之间也可能存在相互影响的缺陷，又避免了经济距离矩阵可能内生于TFP提高所带来的偏差； ρ 是空间滞后系数，反映邻近省份玉米TFP增长对本省玉米TFP增长的空间溢出效应； θ 和 φ 反映解释变量空间滞后项对本省玉米TFP增长的影响； ϵ 是随机误差项。其他符号含义同上。

1.2 数据来源与指标选取

考虑到趋势收敛通常只有在较长的时间序列下才能得到一般规律性认识，区别于已有文献，本研究拟从改革开放至今40年的长时期视角来考察中国玉米TFP的动态演化与收敛特征。用于分析的基础数据主要来自1980—2019年历年的《全国农产品成本收益资料汇编》^[26]和《中国统计年鉴》^[27]。在分析时，我们将每个省份当作一个独立的生产单元，其中由于部分省份某些年份的指标数据缺失严重且难以通过技术手段补齐，本研究最终使用样本为河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、山东、河南、湖北、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏和新疆等19个玉米生产省(自治区)1979—2018年的平衡面板数据。下面对本研究测算用到指标的收集与处理方式逐一说明。

1)投入产出变量选取。应用HM生产率指数法测算玉米TFP需要用到投入产出指标的数据。与已有文献的普遍处理相同，本研究使用玉米主产品产量作为产出的衡量指标；投入主要包括资本、土地和劳动力3个方面，分别用物质与服务费用、玉米播种面积、用工数量来表示。其中，由于物质与服务费用为价值量指标，为剔除价格波动影响，用以1979年为基期的农业生产资料价格指数对各年物质与服务费用进行折算。

2)控制变量选取。结合已有研究，条件收敛回归方程中控制的变量主要包括：①受灾率(pdisa)，用受灾面积与农作物播种面积之比表示，用以控制自然灾害对玉米TFP增长的负面影响；②工业化率(ind)，用工业增加值占各省地区生产总值的比重表示，以表征工业化进程对玉米TFP的影响；③农业基础设施(lninf)，用单位国土面积公路里程的对数

表示，便利的交通基础设施能够加快新技术的推广，降低农业生产要素的流动成本，进而对玉米TFP增长起到促进作用；④玉米生产集聚(agg)，用各省玉米播种面积占全国玉米播种总面积的比重表示，以控制玉米生产的地理集聚状况对其TFP收敛的影响。

2 实证分析与结果

2.1 中国玉米TFP测算结果分析

2.1.1 中国玉米TFP增长的时间特征分析

基于HM生产率指数，我们首先计算了各玉米主产省从1979—2018年的TFP增长率，然后以各省的玉米播种面积为权数，计算了19个玉米主产省(即全国)每年的加权TFP增长率；最后对获得的各年加权玉米TFP增长率进行几何平均，得到40年内全国玉米的平均TFP增长率，计算结果如表1所示。测算结果显示，1979—2018年中国玉米TFP的平均增长率为2.20%，这一增长主要得益于技术进步水平的稳步提高，其年均增长1.46%；其次是技术效率的改善，其年均提高1.10%。进一步对技术效率变化进行分解后发现，样本期内中国玉米的纯技术效率、产出规模效率和残余组合效率同样保持了一定幅度的增长，其中纯技术效率增幅相对较大，年均增长率为0.56%；而产出规模效率和残余组合效率增幅较小，年均增长率分别为0.23%和0.28%。显然，与大农业TFP增长所表现出的技术进步“单驱动”模式^[7,28]相比，过去40年里中国玉米TFP增长呈现出技术进步、技术效率、规模效率与组合效率共同驱动的“多驱动”模式，四者共同支撑了玉米TFP的增长。

由于HM生产率指数测算的TFP为相对值，为了反映中国玉米TFP及其各成分的长时期变动轨迹，借鉴史常亮等^[7]的做法，将其转化为以1979年为基期(1979年=1)的累积增长率，如图1所示。可以看到，过去40年里中国玉米TFP增长表现出明显的周期性波动特点。如果把TFP增长率从一个最低点到下一个最低点的过程作为一个周期，则样本期内中国玉米TFP增长至少经历了5个这样的周期，分别是1979—1987年、1988—1994年、1995—2003年、2004—2009年和2010年至今，这与整个玉米生产表现出来的阶段性波动特征是高度吻合的^[2]。其中，第一个周期是1979—1987年。玉米TFP年均增长率达到3.94%，并在1983年达到最

表 1 1979—2018 年各阶段中国玉米 TFP 增长率及其分解

Table 1 Maize total factor productivity and its decomposition from 1979 to 2018

| 时期 Period | TFP 增长率 TFP | 技术进步 变化 TPC | 技术效率 变化 TEC | 技术效率变化分解 TEC decomposition | | |
|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | 纯技术效 率变化 OTE | 规模效率 变化 OSE | 残余组合 效率变化 RME |
| | | | | 1979—1987 年 | 1.039 4 | 1.021 6 |
| 1988—1994 年 | 1.007 1 | 0.973 3 | 1.043 0 | 1.005 6 | 0.998 2 | 1.039 0 |
| 1995—2003 年 | 1.008 3 | 1.022 9 | 0.989 7 | 1.002 7 | 0.992 6 | 0.992 0 |
| 2004—2009 年 | 1.046 2 | 1.030 7 | 1.016 3 | 1.019 9 | 1.008 7 | 0.989 2 |
| 2010—2018 年 | 1.015 0 | 1.023 5 | 0.992 9 | 0.998 2 | 1.001 9 | 0.993 4 |
| 平均 Mean | 1.022 0 | 1.014 6 | 1.011 0 | 1.005 6 | 1.002 3 | 1.002 8 |

注：①表中各指数均为每一年全部样本省份的加权 HM 指数值在相应时段内的几何平均值，权重为样本省份每年的玉米播种面积占比，最后一行为全部样本省份各年加权 HM 指数值在样本期内的几何平均值。②各指数结果 >1 表示对应的指标是增长的，<1 则表示下降。各指数减去 1，即为相应指标的年均增长率。

Note: ① The indexes in the table are the geometric mean of the weighted HM index values of all sample provinces in each year in the corresponding period, the weight is the proportion of maize sown area in each year of the sample province. ② The index result greater than 1 indicates that the corresponding indicator is increasing, and less than 1 indicates a decrease. Each index minus 1 is the average annual growth rate of the corresponding indicator.

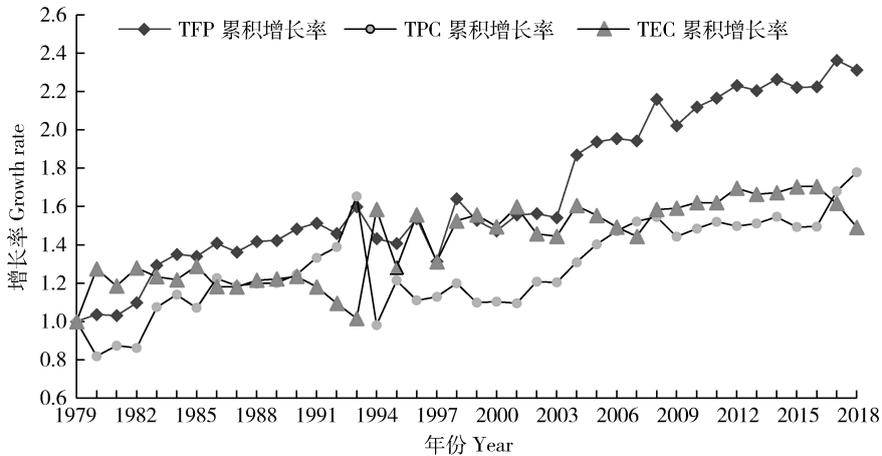


图 1 1979—2018 年中国玉米 TFP 增长情况

Fig. 1 TFP growth of maize from 1979 to 2018

高值 17.90%。第二个周期是 1988—1994 年。玉米 TFP 年均增长率仅为 0.71%，增长速度下滑明显，为 5 个周期中增长最慢的一个周期。突出表现为玉米技术效率的恶化，导致整个 TFP 增长率连续三年下降。第三个周期是 1995—2003 年。玉米 TFP 年均增长率为 0.83%，技术进步、技术效率波动频繁，改善与未改善年份交叉出现，影响了区间内

TFP 的增长速度。第四个周期是 2004—2009 年。玉米 TFP 年均增长率达到 4.62%，为 5 个周期中增长最快的一个周期，其中 2004 年增速达到 19.80%，高于以往任何年份，并且正增长状态一直持续到 2008 年。第五个周期是 2010—2018 年。玉米 TFP 年均增长率为 1.50%，呈现波动增长趋势，期间以 2017 年为转折点，技术进步率明显增加，而

技术效率则明显下降。

2.1.2 中国玉米 TFP 增长的空间特征分析

根据仇焕广等^[29],中国玉米生产可划分为北方春播玉米带、黄淮海平原夏播玉米带、西南山地玉米区和西北灌溉玉米区 4 个区域。本研究据此同样对

所选取的 19 个样本省份进行划分,并分别计算每个区域的玉米 TFP 增长情况,结果如表 2 所示。可以看出:第一,样本期内除湖北省外的几乎所有省份都实现了玉米 TFP 正增长,并且四大区域的玉米 TFP 增长率亦大于 1,这与全国整体的玉米 TFP 改

表 2 1979—2018 年各区域玉米 TFP 增长率及其分解

Table 2 Maize TFP growth rate and its decomposition in different regions from 1979 to 2018

| 区域 Region | 样本省份 Sample provinces | TFP 增长率 TFP | 技术进步变化 TPC | 技术效率变化 TEC |
|--|--------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 北方春播玉米带 Northern spring sowing maize belt | 内蒙古 Inner Mongolia | 1.023 6 | 1.022 5 | 1.001 1 |
| | 辽宁 Liaoning | 1.007 6 | 1.020 3 | 0.987 6 |
| | 吉林 Jilin | 1.021 5 | 1.039 8 | 0.982 4 |
| | 黑龙江 Heilongjiang | 1.019 2 | 1.013 4 | 1.005 7 |
| | 宁夏 Ningxia | 1.032 2 | 1.029 2 | 1.002 8 |
| | 平均 Mean | 1.024 9 | 1.027 5 | 0.995 9 |
| 黄淮海夏播玉米带 Huanghuaihai summer sowing maize belt | 河北 Hebei | 1.011 7 | 1.010 8 | 1.000 8 |
| | 山西 Shanxi | 1.009 5 | 1.007 4 | 1.002 1 |
| | 江苏 Jiangsu | 1.012 8 | 1.023 3 | 0.989 8 |
| | 安徽 Anhui | 1.017 2 | 1.009 3 | 1.007 8 |
| | 山东 Shandong | 1.010 1 | 1.015 8 | 0.994 4 |
| | 河南 Henan | 1.010 7 | 1.002 5 | 1.008 1 |
| | 湖北 Hubei | 0.990 5 | 0.995 1 | 0.995 4 |
| | 平均 Mean | 1.016 9 | 1.010 4 | 1.008 2 |
| 西南山地玉米区 Southwest mountain maize region | 广西 Guangxi | 1.003 0 | 1.007 7 | 0.995 3 |
| | 四川 Sichuan | 1.004 6 | 0.991 1 | 1.013 6 |
| | 贵州 Guizhou | 1.003 1 | 0.990 2 | 1.013 0 |
| | 云南 Yunnan | 1.012 6 | 0.994 5 | 1.018 2 |
| | 平均 Mean | 1.011 1 | 0.995 2 | 1.017 6 |
| 西北灌溉玉米区 Northwest irrigated maize region | 陕西 Shaanxi | 1.007 6 | 0.991 3 | 1.016 5 |
| | 甘肃 Gansu | 1.016 3 | 1.012 8 | 1.003 5 |
| | 新疆 Xinjiang | 1.042 7 | 1.058 3 | 0.985 3 |
| | 平均 Mean | 1.023 9 | 1.017 3 | 1.011 9 |

注:①为节省篇幅,此处没有报告纯技术效率变化、纯规模效率变化和残余组合效率变化。②各指数均为各省份 HM 指数在样本期内的几何平均值,各区域平均值为区域内相应省份的加权 HM 指数在样本期内的几何平均值,权数为各区域内省份各年的玉米播种面积占比。

Note: ① To save space, OTE, OSE, RME are not reported here. ② All indexes are the geometric mean of HM index values of each province in the sample period, and the regional average value is the geometric average value of weighted HM index values of corresponding provinces in the region in the sample period, the weight is the proportion of maize sown area in each year of the sample province.

善是耦合的。第二,各省份玉米 TFP 增长的速度存在显著差异,其中增长最快的前 3 位省份依次是新疆(4.27%)、宁夏(3.22%)和内蒙古自治区(2.36%),技术进步的快速推进是这些省份玉米 TFP 增长的重要原因;湖北是唯一出现玉米 TFP 负增长的省份,技术进步水平和技术效率的共同下降是造成该省 TFP 负增长的主要原因。与此同时,四大区域的玉米 TFP 增速同样具有显著落差,其中增长最快的是北方春播玉米带,年均增长率为 2.49%;其次是西北灌溉玉米区和黄淮海夏播玉米带,年均增长率分别为 2.39%、1.69%;西南山地玉米区增长最慢,年均增长率仅为 1.11%。第三,从各省玉米 TFP 增长的源泉看,全部省份中只有内蒙古、黑龙江、宁夏、河北、山西、安徽、河南和甘肃等 8 个省(自治区)实现了玉米技术进步与技术效率改善共同作用的“双驱动”型增长,而其余的 10 个省份都呈现出技术进步与技术效率恶化并存的“单驱动”型增长特征。分区域发现,四大区域中黄淮海夏播玉米带和西北灌溉玉米区实现了 TFP 的“双驱动”型增长,北方春播玉米带表现为明显的技术进步单因

素推进模式,而西南山地玉米区则表现为明显的技术效率单因素推进模式。

2.2 中国玉米 TFP 增长的空间收敛性分析

2.2.1 空间因素的引入

由上述分析可以看到,样本期内中国不同省份、区域的玉米 TFP 增长都有着较大的差异。那么,随着时间的推移,这种差异将如何演化?各省玉米 TFP 发展水平最终是否有可能达到一致呢?要回答这些问题,需要对其进行收敛性检验。在考虑空间因素的收敛检验时,需要首先对被解释变量的空间相关性进行检验。本研究采用常用的基于非空间 OLS 回归残差的 Moran's I 检验、LM-error 检验及 LM-lag 检验来进行判别。首先分别对式(4)和(5)进行传统固定效应模型的 LSDV 估计,然后根据 LSDV 估计的残差进行空间相关性检验,结果汇报于表 3。可以看到,在地理距离空间权重矩阵设定下,各回归方程对应的 Moran's I 指数都在 1% 显著性水平上显著,同时 LM-error、LM-lag 统计量亦十分显著,从而表明各方程的被解释变量均存在空间相关性,采用空间计量模型进行分析是非常必要的。

表 3 基于 LDSV 估计残差的空间相关性检验结果

Table 3 Spatial correlation test results of residual estimation based on LDSV

| 回归方程 Regression | Moran's I 检验 Moran's I test | LM-error 检验 LM-error test | LM-lag 检验 LM-lag test |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 绝对收敛 Absolute convergence | 13.826 [0.000] | 192.775 [0.000] | 95.007 [0.000] |
| 条件收敛 Conditional convergence | 10.744 [0.000] | 111.283 [0.000] | 64.938 [0.000] |

注:方括号内数值为相伴概率。

Note: The values in square brackets are associated probabilities.

2.2.2 空间收敛性分析

考虑到被解释变量存在空间相关性,因此引入空间杜宾模型对中国玉米 TFP 增长的空间收敛性进行分析。表 4 报告了不考虑和考虑空间因素两种情形下的中国玉米 TFP 绝对收敛和条件收敛的估计结果。从中可以看到,无论是在绝对收敛还是在条件收敛情形下,其空间滞后系数 ρ 都为正且通过了显著性检验,意味着中国玉米 TFP 增长具有显著的空间溢出效应,经济发展水平相近地区的玉米 TFP 增长能够显著刺激本地区玉米 TFP 增长加速,同时也再次证明了以空间杜宾模型为依据进行玉米 TFP 的收敛性研究有着极为显著的现实意义。

结合表 4,我们可以得到有关中国玉米 TFP 收

敛特征的三点结论。第一,无论是否考虑空间因素,中国省级玉米 TFP 均存在明显的 β 收敛趋势。在所有模型中,收敛系数 β 的估计值都小于 0,且都通过了 1% 水平的显著性检验,这意味着玉米 TFP 增长较慢的地区存在“后发赶超”的趋势,这使得省份间玉米 TFP 增长的差距趋于缩小。第二,条件收敛的速度均显著大于绝对收敛的速度。在不考虑空间因素的情形下,条件收敛的速度(60.9%)高出绝对收敛速度(56.7%)4.2 个百分点;当加入空间因素后,条件收敛的速度(60.0%)同样比绝对收敛速度(56.0%)高出 4.0 个百分点。这可能与条件收敛考虑了各地区各自不同的特征和玉米生产条件有关。我们看到,在考虑的 4 个因素中,生产地理集聚是推

表4 中国玉米 TFP 收敛性检验结果
Table 4 Convergence test results of TFP

| 变量 Variable | 不考虑空间因素 Without consideration of Spatial | | 考虑空间因素 With consideration of Spatial | |
|---------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| | 绝对收敛 Absolute convergence | 条件收敛 Conditional convergence | 绝对收敛 Absolute convergence | 条件收敛 Conditional convergence |
| | 上一期 TFP 增长率(对数) $\ln A_{i,t-1}$ | -0.433*** (0.086) | -0.456*** (0.103) | -0.429*** (0.089) |
| 受灾率 pdisa | | -0.318*** (0.062) | | -0.272*** (0.058) |
| 工业化率 ind | | -0.376*** (0.151) | | -0.257** (0.130) |
| 农业基础设施 lninf | | 0.006 (0.076) | | 0.029 (0.072) |
| 玉米生产集聚 agg | | 1.678** (0.551) | | 1.709*** (0.525) |
| ρ | | | 0.590*** (0.055) | 0.520*** (0.058) |
| 常数项 Constant | 0.009 (0.051) | 0.207 (0.130) | | |
| 时间固定效应 Time fixed effects | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 地区固定效应 Spatial fixed effects | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Hausman 检验 Hausman test | 141.284*** | 155.960*** | 193.757*** | 111.903*** |
| 收敛速度 Rate of convergence | 0.567 | 0.609 | 0.560 | 0.600 |
| 半收敛周期 Half-convergent period | 1.222 | 1.139 | 1.237 | 1.156 |
| R^2 | 0.335 | 0.404 | 0.203 | 0.311 |

注:①括号内为稳健标准误,***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 显著性水平。②限于篇幅,省略了 SDM 模型空间滞后变量及时间、地区虚拟变量的回归系数。

Note: ① Number in the round bracket is robust standard error. ***, ** and * represent the significance in the 1%, 5% and 10% levels respectively. ② To save space, the regression coefficients of the spatial lag variable, time and spatial dummy variables of the SDM model are omitted.

动玉米 TFP 增长收敛的最重要因素,而自然灾害和工业化则在不同程度上抑制了玉米 TFP 的增长,不利于实现全国层面的收敛。第三,由于空间溢出效应的存在,使得中国省际玉米 TFP 的收敛速度变慢,收敛周期变大。在没有考虑空间外溢效应的情况下,绝对收敛和条件收敛的收敛速度分别为 56.7% 和 60.9%,对应的半程收敛周期分别为 1.22 和 1.14 年;而在考虑了空间外溢效应后,绝对收敛和条件收敛的收敛速度分别降低为 56.0% 和 60.0%,对应的半程收敛周期则分别延长为 1.24 和 1.16 年。这说明忽略空间效应的传统收敛模型会高估玉米 TFP 增长的收敛性。

3 结论与建议

本研究采用乘积完备的 Hicks-Moorsteen 生产率指数对 1979—2018 年中国玉米 TFP 的增长情况进行测算和分解,并使用空间杜宾模型对其空间收敛性进行检验。研究发现:

1)过去 40 年里中国玉米 TFP 取得了较快增长,年均增长率为 2.20%,且这一增长主要得益于新技术、新发明使用所带来的增长效应,即前沿技术进步。

2)由于不同省份、区域发展水平和玉米生产条件的差异,中国玉米 TFP 增长存在显著的空间差异,其中增长最快的前 3 位省份依次是新疆、宁夏和内蒙古自治区,而增长最慢的是湖北省;从地区比较来看,北方春播玉米带增长最快,其次是西北灌溉玉米区和黄淮海夏播玉米带,西南山地玉米区增长最慢。

3)不同省份、区域的玉米 TFP 增长动力机制存在着分化特征,从省级层面来看,内蒙古、黑龙江、宁夏、河北、山西、安徽、河南和甘肃等 8 个省(自治区)实现了玉米技术进步与技术效率改善共同作用的“双驱动”型增长,辽宁、吉林、江苏、山东、广西、四川、贵州、云南、陕西和新疆等 10 个省(自治区)都表现出技术进步与技术效率恶化并存的“单驱动”型增长特征;从区域层面来看,黄淮海夏播玉米带和西北灌溉玉米区实现了 TFP 的“双驱动”型增长,其他 2 个区域则要么表现为技术进步的单因素推进模式,要么表现为技术效率改善的单因素推进模式。

4)无论是否考虑空间因素,中国玉米 TFP 增长都存在着显著的 β 收敛趋势,并且相比于绝对收敛,条件收敛速度有所降低。而空间外溢效应的存在,

使得各省玉米 TFP 增长收敛的速度进一步减慢,收敛周期进一步延长。

针对上述结论,得出三方面的政策含义。一是加大玉米生产科研投入,促进玉米技术进步。不断研发新的玉米生产技术,增强玉米生产的科技含量,改变依靠要素投入来提高产量的传统增产方法;打通农技推广“最后一公里”,加强基层农技推广机构及人员的服务能力和服务强度,重点解决小农户与现代农业的衔接难题,通过提高技术进步和技术效率,进而提高玉米 TFP。二是因地制宜采取差异化策略提高玉米 TFP。针对不同地区的经济发展水平、自然资源禀赋和玉米产业发展特点,有针对性地采取差异化的、符合当地发展特点的玉米产业政策。三是加强地区间的合作。应充分重视玉米生产的空间外溢效应,加强邻近地区间资本、技术、信息等投入要素的流动,积极推进区域玉米生产统筹发展,从而实现全国玉米生产协调发展,缩小玉米 TFP 增长差距。

参考文献 References

- [1] 郭庆海. 中国玉米主产区的演变与发展[J]. 玉米科学, 2010, 18(1): 139-145
Guo Q H. The development and evolution of the major maize producing areas in China[J]. *Maize Science*, 2010, 18(1): 139-145 (in Chinese)
- [2] 郭焱, 朱俊峰. 我国玉米生产的时空特征分析[J]. 农业经济与管理, 2017(1): 17-24
Guo Y, Zhu J F. Temporal and spatial characteristics of maize production in China [J]. *Agricultural Economics and Management*, 2017(1): 17-24 (in Chinese)
- [3] 韩长赋. 玉米论略[J]. 农业经济问题, 2012, 33(6): 4-9, 110
Han C F. On the strategy of maize industry[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2012, 33(6): 4-9, 110 (in Chinese)
- [4] 顾焕章, 王培志. 农业技术进步对农业经济增长贡献的定量研究[J]. 农业技术经济, 1994(5): 11-15
Gu H Z, Wang P Z. Quantitative research on the contribution of agricultural technology progress to agricultural economic growth[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1994(5): 11-15 (in Chinese)
- [5] 朱希刚. “八五”期间农业科技进步贡献率测算结果[J]. 经济研究参考, 1997(25): 36
Zhu X G. Calculation of agricultural science and technology progress contribution rate during the eighth five-year plan period[J]. *Review of Economic Research*, 1997(25): 36 (in Chinese)
- [6] 方福前, 张艳丽. 中国农业全要素生产率的变化及其影响因

- 素分析:基于1991—2008年Malmquist指数方法[J]. 经济理论与经济管理, 2010(9): 5-12
- Fang F Q, Zhang Y L. Analysis of changes of China's agricultural total factor productivity and its impact factors: From the 1991—2008 annual Malmquist index approach[J]. *Economic Theory and Business Management*, 2010(9): 5-12 (in Chinese)
- [7] 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[J]. 经济问题探索, 2016(4): 134-141
- Shi C L, Zhu J F, Jie C L. Regional differences and convergence analysis of China's agricultural TFP growth: Based on fixed effect SFA model and panel unit root method [J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2016(4): 134-141 (in Chinese)
- [8] 魏丹, 闵锐, 王雅鹏. 粮食生产率增长、技术进步、技术效率: 基于中国分省数据的经验分析[J]. 中国科技论坛, 2010(8): 140-145
- Wei D, Min R, Wang Y P. Technical efficiency, technical progress and grain productivity growth: An Empirical analysis based on provincial panel data in China[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2010(8): 140-145 (in Chinese)
- [9] 陈静, 李谷成, 冯中朝, 李然. 油料作物主产区全要素生产率与技术效率的随机前沿生产函数分析[J]. 农业技术经济, 2013(7): 85-93
- Chen J, Li G C, Feng Z C, Li R. Stochastic frontier production function analysis of total factor productivity and technical efficiency in major oil crop production areas [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2013(7): 85-93 (in Chinese)
- [10] 石自忠, 王明利. 我国牧草产业全要素生产率[J]. 草业科学, 2019, 36(11): 2971-2979
- Shi Z Z, Wang M L. A study on total factor productivity of China's forage industry[J]. *Pratacultural Science*, 2019, 36(11): 2971-2979 (in Chinese)
- [11] 傅晓霞, 吴利学. 全要素生产率在中国地区差异中的贡献: 兼与彭国华和李静等商榷[J]. 世界经济, 2006(9): 12-22, 95
- Fu X X, Wu L X. The role of total factor productivity in China's regional disparities [J]. *The Journal of World Economy*, 2006(9): 12-22, 95 (in Chinese)
- [12] 李国璋, 周彩云, 江金荣. 区域全要素生产率的估算及其对地区差距的贡献[J]. 数量经济技术经济研究, 2010, 27(5): 49-61
- Li G Z, Zhou C Y, Jiang J R. The estimation of regional TFP and its role in China's regional disparities[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2010, 27(5): 49-61 (in Chinese)
- [13] 李谷成, 冯中朝, 范丽霞. 农户家庭经营技术效率与全要素生产率增长分解(1999—2003年): 基于随机前沿生产函数与来自湖北省农户的微观证据[J]. 数量经济技术经济研究, 2007(8): 25-34
- Li G C, Feng Z C, Fan L X. An empirical analysis on the technical efficiencies and the decomposition of TFP of farmer's household management [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2007(8): 25-34 (in Chinese)
- [14] 魏下海, 余玲铮. 中国全要素生产率变动的再测算与适用性研究: 基于数据包络分析与随机前沿分析方法的比较[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2011(3): 76-83
- Wei X H, Yu L Z. Reestimating total factor productivity growth of China and its applicability: A Comparison between DEA and SFA [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2011(3): 76-83 (in Chinese)
- [15] 余泳泽. 中国省际全要素生产率动态空间收敛性研究[J]. 世界经济, 2015, 38(10): 30-55
- Yu Y Z. Research on the dynamic spatial convergence of China's provincial total factor productivity [J]. *The Journal of World Economy*, 2015, 38(10): 30-55 (in Chinese)
- [16] 韩海彬, 张莉. 农业信息化对农业全要素生产率增长的门槛效应分析[J]. 中国农村经济, 2015(8): 11-21
- Han H B, Zhang L. Analysis on the threshold effect of agricultural informatization on the growth of agricultural total factor productivity [J]. *Chinese Rural Economy*, 2015(8): 11-21 (in Chinese)
- [17] 郭家堂, 骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗[J]. 管理世界, 2016(10): 34-49
- Guo J T, Luo P L. Does the internet promote China's total factor productivity [J]. *Management World*, 2016(10): 34-49 (in Chinese)
- [18] 韩晓燕, 翟印礼. 中国农业技术效率的地区差异分析[J]. 沈阳农业大学学报: 社会科学版, 2005(2): 139-141
- Han X Y, Zhai Y L. Analysis on regional differences of agricultural technology efficiency in China [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2005(2): 139-141 (in Chinese)
- [19] 赵蕾, 王怀明. 中国农业生产率的生长及收敛性分析[J]. 农业技术经济, 2007(2): 93-98
- Zhao L, Wang H M. Analysis of the growth and convergence of China's agricultural productivity [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2007(2): 93-98 (in Chinese)
- [20] 潘丹, 孔凡斌. 我国农业全要素生产率差异与收敛分析: 基于环境污染视角[J]. 江西社会科学, 2013, 33(9): 43-47
- Pan D, Kong F B. Analysis on the difference and convergence of agricultural total factor productivity in China: Based on the perspective of environmental pollution [J]. *Jiangxi Social Sciences*, 2013, 33(9): 43-47 (in Chinese)
- [21] 高帆. 我国区域农业全要素生产率的演变趋势与影响因素: 基于省际面板数据的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2015, 32(5): 3-19, 53
- Gao F. Evolution trend and internal mechanism of regional total factor productivity in Chinese agriculture [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economic*, 2015, 32(5): 3-19,

- 53 (in Chinese)
- [22] Grifell-Tatjé E, Lovell C A K. A note on the Malmquist productivity index[J]. *Economics Letters*, 1995, 47(2): 169-175
- [23] Pastor J T, Lovell C A K. A global Malmquist productivity index[J]. *Economics Letters*, 2005, 88(2): 266-271
- [24] Bjurek H. The Malmquist total factor productivity index[J]. *The Scandinavian Journal of Economics*, 1996, 98(2): 303-313
- [25] O'Donnell C J. An aggregate quantity-price framework for measuring and decomposing productivity and profitability change[EB/OL]. (2008-11-13). <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:369053>
- [26] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 全国农产品成本收益资料汇编, 1980—2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 1980—2019
- National Development and Reform Commission. *National Agricultural Products Cost-Benefit Information Compilation, 1980—2019*[M]. Beijing: China Statistics Press, 1980—2019
- (in Chinese)
- [27] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴, 1980—2019[M]. 北京: 中国统计出版社, 1980—2019
- National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistical Yearbook, 1980—2019*[M]. Beijing: China Statistics Press, 1980—2019 (in Chinese)
- [28] 全炯振. 中国农业全要素生产率增长的实证分析, 1978—2007年: 基于随机前沿分析(SFA)方法[J]. 中国农村经济, 2009(9): 36-47
- Quan J Z. Empirical analysis of agricultural total factor productivity growth in China, 1978—2007: Based on stochastic frontier analysis(SFA) method[J]. *Chinese Rural Economy*, 2009(9): 36-47 (in Chinese)
- [29] 仇焕广, 徐志刚, 吕开宇, 王晓兵, 白军飞. 中国玉米产业经济研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015
- Qiu H G, Xu Z G, Lv K Y, Wang X B, Bai J F. *Economic Research on Maize Industry in China* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2015 (in Chinese)

责任编辑：王岩