

碳排放约束下的中国农业生产效率地区 差异分解与影响因素

李 博^{1,2}, 张文忠^{*2,3}, 余建辉^{2,3}

(1. 天津理工大学 国际工商学院, 中国 天津 300384; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 中国 北京 100101;
3. 中国科学院 区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 中国 北京 100101)

摘 要 基于中国1998—2012年各省市区的面板数据,采用考虑非期望产出的SBM模型,测算了碳排放约束下的中国各省市区的地区农业生产效率,进而利用泰尔指数分解方法与灰色关联分析方法对地区农业生产效率差异的结构性原因与外部影响因素进行了研究。结果表明:①大部分省市处于农业生产非效率的状态,多数省市均出现了不同程度的效率下降。②农业生产效率存在较为明显的差异性,多数年份中,差异主要由东中西与东北部区域间的差异所造成。③多数年份中,区域内部的差异是造成整体差异的次要原因,其中,西部区域内各省份的差异在各区域内差异中占比最大。④各影响因素与农业生产效率地区差异的关联度排序由高到低依次为产业结构的地区差异、农业结构的地区差异、灾害影响的地区差异、农村劳动者教育素质的地区差异、城市化水平的地区差异、城乡收入比的地区差异,以及研发创新投入力度的地区差异。

关键词 农业生产效率;考虑非期望产出的SBM模型;泰尔指数分解;灰色关联分析

中图分类号 F304.7 文献标志码 A 文章编号 1000-8462(2016)09-0150-08

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2016.09.020

Decomposition and Influence Factors of District Difference of China Agricultural Production Efficiency Under the Constraint of Carbon Emission

LI Bo^{1,2}, ZHANG Wen - zhong^{2,3}, YU Jian - hui^{2,3}

(1. International College of Business and Technology, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China;
2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;
3. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The results are as follows. First, the results show that most of the provinces in China are in the state of agricultural production inefficiency. Most of the provinces are experiencing a decline in the efficiency. Second, there exists an apparent difference in China district agricultural production efficiency. In most of the periods, the inter-regional difference among eastern region, middle region, western region and northeastern region is the major cause of the total difference of agricultural production efficiency in China. Third, in most of the periods, the intra-regional difference is the secondary cause of the total difference of agricultural production efficiency in China. The difference of the agricultural production efficiency in western provinces accounts for the largest part of the intra-regional difference in the four regions. Fourth, from higher to lower, the orders of the correlations between influence factors and the difference of the agricultural production efficiency are as follows: the district difference of industrial structure, the district difference of agricultural structure, the district difference of natural disaster influences, the district difference of educational level of rural labor, the district difference of urbanization, the district difference of urban and rural income ratio, and the district difference of R&D innovation input level. The related policy implications are discussed based on the results of the empirical study.

Key words: agricultural production efficiency; undesirable output sbm model; Theil index decomposition; grey correlation analysis

收稿时间 2016-02-22;修回时间 2016-06-16

基金项目 国家自然科学基金项目(41230632、71403290);中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-06);教育部人文社会科学研究青年基金项目(16YJCZH040);2013年度天津市高校“优秀青年教师资助计划”

作者简介 李博(1981—),男,天津市人,博士(后),讲师。主要研究方向为区域经济、城市发展、资源环境经济等。E-mail: mg2011818@126.com。

※通讯作者 张文忠(1966—),男,内蒙古呼和浩特人,研究员,博士生导师。主要研究方向为城市和区域发展。E-mail: zhangwz@igsrr.ac.cn。

农业在国民经济发展中处于基础性地位,其发展状况直接左右着国民经济全局的发展。对于中国这样一个快速发展中的人口大国而言,农业更是对经济增长、社会稳定、国家富强起到至关重要的作用。随着中国新型城镇化建设工作的不断推进,大量农业人口需要转移到其他经济部门,为了保证农业的稳定供给,更加需要农业生产效率的提升。而与此同时,农业又是碳排放的重要来源,仅农业中的种植业与养殖业所排放的温室气体就在人为温室气体排放总量中占据了相当的比重^[1]。而降低经济发展中的碳排放水平一直是中国亟待解决的重要问题。因此在大力推进新型城镇化发展的背景下,快速提高农业现代化水平并有效控制农业生产中的碳排放水平,成为今后中国农业发展的必然选择。然而中国省份众多,各地区发展的历史起点与环境各不同,特别是东中西东北部各区域之间存在发展的不平衡性。因此解决问题的重点之一,就应当在于解决好各省份与区域之间的农业生产效率差异问题。在此背景下,深入研究碳排放约束下的中国各省市农业生产效率水平与地区差异,找到解决问题的重点,对于正确认识当前中国农业的发展状况,制定促进农业生产效率提升与控制农业碳排放水平的相关政策有着重要指导意义。

从已有文献的研究情况看,相当数量的国外学者对农业生产效率问题给予了高度关注,并从微观与宏观各层面进行了探索,从而为进一步的探索创造了良好条件。Shafiq等使用DEA方法,对巴基斯坦部分地区的棉花生产效率进行了测算,发现大量农场处于非效率状态^[2]。Monchuk等使用1999年的调查数据,通过DEA分析方法研究了中国农业生产的非效率问题^[3]。Shortall等基于调查数据,使用DEA方法,测算了苏格兰奶牛场的技术效率,并使用奶牛场的温室气体排放估算数据测算了环境效率。研究认为,苏格兰乳制品业在通过提高效率扩大竞争力、降低温室气体排放方面拥有潜力^[4]。Ray等使用DEA方法,测算了印度各地区的农业投入产出效率,并分析了各投入产出项对总体效率的贡献水平^[5]。

从国内的研究情况看,对于中国农业生产的效率问题,现有研究的着力点主要在于效率的测算与区域效率差异的比较。方鸿使用DEA方法测算了1988—2005年间中国各省份的农业生产效率。发现东部区域的农业生产技术效率相对较高,中西部区域与东部区域之间存在显著差距,并且这种差距

在逐渐拉大^[6]。贺正楚等应用DEA方法评价了2008年中国31个省市区的农业生产效率,发现总体上中国农业生产的技术化程度还不高,在技术效率和规模效率方面需要加强,其中东中西部区域在耕地等投入结构方面存在明显差异^[7]。潘丹等在国内外大量关于农业生产率测算文献研究的基础上,分析总结中国农业生产率的时间趋势与空间格局特征,并着重考察了东中西部区域的差距问题^[8]。杨刚等采用数据包络分析方法测算中国农业全要素生产率,并通过建立空间面板模型考察各省区农业生产率的空间关联性^[9]。

然而,现有文献较少关注碳排放约束视角下的农业生产效率问题。此外,虽然已有研究普遍指出中国各省市之间的农业生产效率存在差异性,但却较少对区域差异的结构进行量化分析。基于这一现状,本文在已有研究的基础上,采用考虑非期望产出的SBM模型测算碳排放约束下的中国地区农业生产效率。然后,利用基于泰尔指数的差异分解方法对中国各省市区的农业生产效率差异进行分解研究,寻找导致差异的结构性原因。进而采用灰色关联分析方法对外部因素与农业投入产出效率差异的关联性进行研究,从而提高中国整体农业生产效率、降低农业碳排放水平提供决策参考。

1 研究方法 with 指标数据选取

1.1 考虑非期望产出的SBM模型

本文对于农业投入产出效率的测算采用数据包络分析(DEA)方法^[10],其基本思想是通过构建有效率的生 产前沿来评价决策单元间的相对效率。这种方法在处理多输入,特别是多输出的问题方面具有独特的优势,具有无需指定具体的函数形式,以及分析结果不受投入产出数据量纲的影响等优点。传统DEA模型对于效率评价的基本思路是在尽可能缩减投入的同时尽可能地扩大产出。但是,对于碳排放约束下的农业投入产出效率的测算而言,生产过程包含不期望产生的碳排放这一副产品,即非期望产出。为了实现最佳的投入产出效率,必须尽可能地减少这一非期望产出,因此传统的DEA模型不再适合,而是需要一种既能包含期望产出,又能包含非期望产出的测算模型。根据相关研究的观点,在处理含有非期望产出的投入产出问题时,将非期望产出作为投入的方法、倒数转换法、曲线法、线性变换法以及方向距离函数法等传统处理方法往往由于不能充分考虑到投入产出的松弛

性问题而导致结果的不准确或有偏性,从而使计算结果的可信度受到影响,只有基于松弛测度的SBM模型效果较好^[11]。因此,本研究采用考虑非期望产出的SBM模型^[12]进行效率测算。该模型假设生产系统有 n 个决策单元,每个特定的决策单元都有三方面的投入要素,即投入、期望产出与非期望产出。因此,包含非期望产出的,规模报酬可变的SBM模型可以表示为下述线性规划问题:

$$\begin{aligned} \rho^* = \min & \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} s_r^g / y_{r0}^g + \sum_{l=1}^{s_2} s_l^b / y_{l0}^b \right)} \quad (1) \\ \text{s.t. } & x_0 = X\lambda + s^-, y_0^g = Y^g\lambda - s^g, y_0^b = Y^b\lambda + s^b \\ & \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

式中: ρ^* 表示目标效率值; x 、 y^g 与 y^b 分别表示投入、期望产出与非期望产出; s^- 、 s^g 与 s^b 分别代表投入的松弛量、期望产出的松弛量与非期望产出的松弛量; λ 代表权重。当 $\rho^* = 1$ 时,各松弛量均为0,表明所评价的决策单元有效效率;当 $\rho^* < 1$ 时,表明所评价的决策单元无效率,需要进行改进。

1.2 泰尔指数的分解方法

本文采用泰尔指数(Theil)来精确测度碳排放约束下的中国农业投入产出效率的区域差异(x_0),并采用基于泰尔指数的分解方法,将这种差异分解为区域内差异与区域间差异,从而对差异结构以及差异的来源进行有效分析。具体分解方法如下所示:

$$Theil = Theil_w + Theil_b \quad (2)$$

$$Theil_w = \sum_{p=1}^m \left(\frac{n_p}{n} \frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \right) Theil_p \quad (3)$$

$$Theil_b = \sum_{p=1}^m \frac{n_p}{n} \left(\frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \right) \ln \left(\frac{\bar{e}_p}{\bar{e}} \right) \quad (4)$$

式中: m 表示区域群组数; n_p/n 代表各区域的省份数量占比; \bar{e}_p/\bar{e} 代表各区域的农业生产效率均值与全国各地区农业生产效率均值之比; $Theil_p$ 代表反映一个区域内各省份农业生产效率差异的泰尔指数; $Theil_w$ 和 $Theil_b$ 分别为反映所有区域内与区域间农业生产效率差异的泰尔指数。

1.3 灰色关联分析方法

为有效分析外部环境因素对于碳排放约束下中国农业投入产出效率区域差异的影响,本文采用邓氏灰色关联分析方法加以研究。这种方法能够

有效确定各因素之间的关联性,并衡量各因素影响的相对重要性,从而能够指导对相对关键影响因素的确定。这种方法主要分为:初值化处理、求解差序列、求解两极差、求灰色关联系数、计算灰色关联度这五个步骤。

首先,在对原始数据序列进行初值化处理方面,本文使用初值像方法加以处理,以实现序列的无量纲化,具体方法为:

$$x'_i = x_i / x_i(1) = (x'_i(1), x'_i(2), \dots, x'_i(n)) \quad (5)$$

其中, $i = 0, 1, 2, \dots, m$ 。

第二步,求差序列的方法如下所示:

$$\Delta_i(k) = |x'_0(k) - x'_i(k)| \quad (6)$$

第三步,求两极差。分别记两极最大差为 M ,记两极最小差为 m ,两者的具体计算方法如下,其中, $i = 1, 2, \dots, m$; $k = 1, 2, \dots, n$:

$$M = \max_i \max_k \Delta_i(k) \quad (7)$$

$$m = \min_i \min_k \Delta_i(k) \quad (8)$$

第四步,求灰色关联系数,具体如下所示,这里取 $\xi = 0.5$:

$$\gamma_{0i}(x_0(k), x_i(k)) = \frac{m + \xi M}{\Delta_i(K) + \xi M} \quad (9)$$

其中,分辨系数 $\xi \in (0, 1)$ 。

最后,计算 x_0 与 x_i 的灰色关联度,具体计算方法为:

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_{0i}(k) \quad (10)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, m$ 。

1.4 数据指标选取

首先,在地区农业投入产出效率测算方面,本文使用中国大陆31个省、自治区、直辖市作为分析的决策单元。基于研究的目的性与数据完整性,本文所采用的数据时间跨度为1998—2012年,具体包括:①投入数据,参考王珏等^[13]的研究,所选投入变量数据具体包括:地方农用机械总动力(10⁴kW)、地方农用化肥施用量(10⁴t)、地方第一产业年末从业人员数(万人)、地方农作物总播种面积(10³hm²)。②期望产出:采用地方第一产业实际总产值(亿元)为衡量各地区农业期望产出的指标,用GDP指数进行平减,以剔除价格因素。③非期望产出:借鉴已有研究的处理方法^[14-17],本文采用下述公式测算地区农业碳排放水平:

$$e = \sum e_i = \sum s_i \cdot c_i \quad (11)$$

式中: e 为农业碳排放总量; s_i 为各种碳源的量; i

为碳源种类; c_i 为各种碳源的排放系数。同时根据上式,将碳源分成四个主要方面:即农用物资引致的碳排放量、水稻生长发育所产生的碳排放量、翻耕土地产生的碳排放量,以及动物养殖产生的碳排放量。

本文进一步计算各地区农业投入产出效率的泰尔指数,作为反映中国农业投入产出效率区域差异(x_0)的指标。同时在其影响因素方面,本文选取了如下具体数据指标:①城市化水平地区差异(x_1),采用的数据指标为各地区非农人口比重的泰尔指数;②城乡收入比的地区差异(x_2),用各地区城镇居民可支配收入与农村居民纯收入比值的泰尔指数来反映;③研发创新投入力度的地区差异(x_3),用各地区研发经费内部支出占GDP比重的泰尔指数来反映;④产业结构的地区差异(x_4),选用的数据指标为各地区第一产业在GDP中所占比重的泰尔指数;⑤农村劳动者教育素质的地区差异(x_5),采用各地区农村劳动力高中及以上学历人口比例的泰尔指数作为指标加以反映;⑥农业结构的地区差异(x_6),选用的指标为各地区农业增加值在农林牧渔业增加值中所占比例的泰尔指数;⑦灾害影响的地区差异(x_7),使用各地区受灾面积占农作物总播种面积比例的泰尔指数加以反映。

本文研究中国农业生产效率地区差异影响因素所使用的数据资料来源于《新中国60年统计资料汇编》,以及1999—2013年的《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国人口统计年鉴》,《中国科技统计年鉴》,个别缺失数据,采用估算法加以

补齐。

2 农业生产效率测算与区域差异初步分析

根据上述投入产出数据,本文采用考虑非期望产出的SBM模型进行效率测算,得到碳排放约束下的中国地区农业生产效率,具体见表1。考察表中效率值可以发现,中国大部分地区仍处于农业非效率的状态,地区差异明显,且区域性特征较为突出,可见中国地区农业生产效率整体水平还有待提升。

图1进一步反映了中国各省份农业生产效率随时间变化的情况。观察图1可知,2012年与1998年相比,保持效率水平不变且均处在效率前沿面的地区有北京、辽宁、上海、浙江、福建、山东、广东、西藏,共8个省市;效率有所提升的地区包括河北、江苏、海南三地;其余地区2012年的农业生产效率相对于1998年而言则有所下降。

3 碳排放约束下的中国地区农业生产效率差异分解研究

图2展示了1998—2012年中国大陆31个省市碳排放约束下的农业投入产出效率地区差异,用Theil指数作为测量方法。从图中可知,各省区市农业生产效率的地区差异呈现逐年上升的趋势,从1998年的0.0820上升至2012年的0.1486,表明地区差异正在逐渐扩大,这显然不利于中国整体效率的提升。

本文将各省区市按照东部、中部、西部、东北部的方式划分为四个区域,采用Theil指数的分解方

表1 中国各省市农业生产效率测算结果对比

Tab.1 Comparison of measurements of China provincial agricultural production efficiency

地区	考虑非期望产出的SBM模型			地区	考虑非期望产出的SBM模型		
	1998	2012	均值		1998	2012	均值
北京	1.0000	1.0000	1.0000	湖北	0.5248	0.3994	0.4726
天津	1.0000	0.6184	0.6903	湖南	0.5107	0.4296	0.4711
河北	0.6631	0.7808	0.7384	广东	1.0000	1.0000	1.0000
山西	0.2899	0.1753	0.2072	广西	0.4956	0.4737	0.4806
内蒙古	0.4255	0.2704	0.3376	海南	0.7292	1.0000	0.9819
辽宁	1.0000	1.0000	1.0000	重庆	0.4317	0.3178	0.3506
吉林	0.5866	0.3848	0.4585	四川	0.5725	0.5425	0.5674
黑龙江	0.4374	0.3626	0.4055	贵州	0.3668	0.2016	0.2617
上海	1.0000	1.0000	1.0000	云南	0.3406	0.2568	0.2992
江苏	0.8382	1.0000	0.9795	西藏	1.0000	1.0000	1.0000
浙江	1.0000	1.0000	1.0000	陕西	0.3431	0.2836	0.3068
安徽	0.4103	0.3280	0.3509	甘肃	0.2831	0.2123	0.2445
福建	1.0000	1.0000	1.0000	青海	0.5099	0.4399	0.6251
江西	0.4812	0.3781	0.4407	宁夏	0.3789	0.1859	0.2453
山东	1.0000	1.0000	1.0000	新疆	0.5337	0.3784	0.4773
河南	0.5637	0.5631	0.5611				

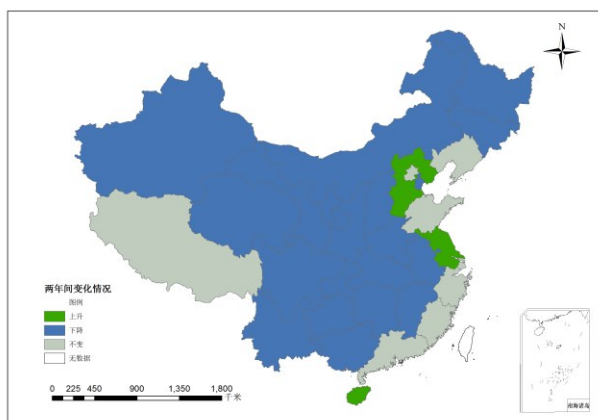


图1 中国各省份农业生产效率在1998年与2012年的对比情况

Fig.1 Comparison of China provincial agricultural production efficiencies between 1998 and 2012

法,进一步考察基于上述Theil指数所反映的总体差异的分解结果(表2、表3)。其中,东部区域包括:北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部区域包括:山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部区域包括:内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆;东北区域包括:辽宁、吉林和黑龙江。区域划分的依据源于2010年《中国统计年鉴》。从分解结果中可以看出:

第一,在碳排放约束下的中国农业生产效率的省际差异中,东、中、西以及东北部区域之间的差异与各区域内部省份之间的差异比重格局随着时间的推移不断进行转换。1998年,区域间差异在总体差异中的占比为61.84%,而各区域内部差异的占比为38.16%,显然区域间差异成为了影响总体差异的主要方面。这种格局一直保持到2003年。但从2004年开始,两者的地位出现了转换,区域内差异在总体差异中的占比为51.15%,而区域间差异的占

比为48.85%。区域内差异成为了影响总体差异的主要方面,并且这种格局一直保持到2006年。从2007年开始,区域内差异的占比不断下降,而区域间差异的占比在不断上升,这种情况一直持续到2012年,区域内差异在总体差异中的占比为38.33%,而区域间差异的占比则为61.67%。总体上讲,东、中、西以及东北部区域之间的差异在多数年份中成为影响中国农业生产效率省际差异的主要方面,较大程度上解释了总体的差异,而各区域内部省份之间的差异则是影响差异的次要方面。

第二,东中西部及东北部各区域内部省份之间的差异比重格局基本保持稳定。西部区域内各省份的差异在总体差异中的占比从1998年的21.60%波动上升至2012年的22.77%,始终高于东部、中部与东北部区域。东北部区域内各省份的差异在总体差异中的占比从1998年的7.54%缓慢上升至2012年的7.83%,其在总体差异中的占比一直高于东部与中部区域。东部区域内各省份的差异在总体差异中的占比从1998年的5.47%波动下降至2012年的3.44%,而中部区域内各省份的差异在总体差异中的占比则从1998年的3.55%波动上升至2012年的4.29%。总体而言,西部区域内各省份的差异占比始终在20.89%以上,在四个区域中成为影响总体差异的最主要因素。其主要原因在于,西部区域内各省份自然条件差异较大,有的省份以农业耕种为主,有的省份则以畜牧业为主;同时各省份在经济发展水平、基础设施状况、资金与科技投入等方面均存在较大差异。东北部区域内各省份的差异则成为四个区域中第二位的重要因素,在总体差异中的占比始终保持在6.27%与7.83%之间。东部与中部区域内各省份的差异则互有高低,但占比均较低,其中,东部区域内各省份的差异在总体差

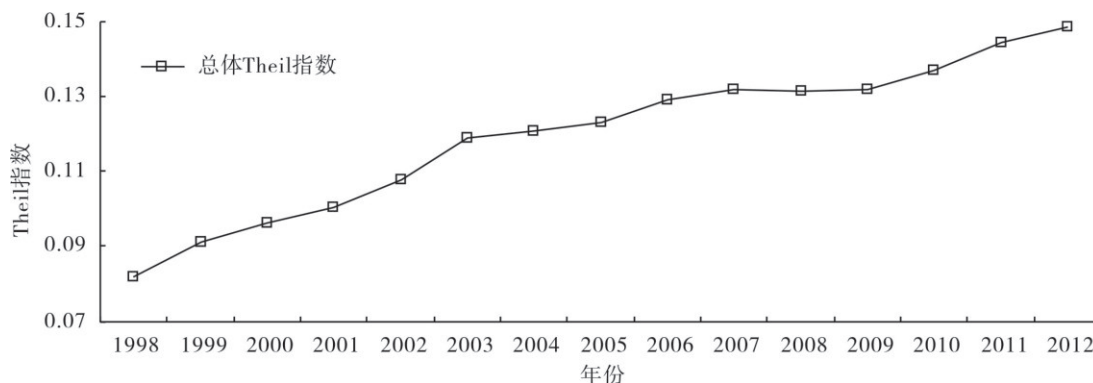


图2 中国地区农业生产效率泰尔指数变化趋势

Fig.2 Trends of Theil index of China district agricultural production efficiency

表2 泰尔指数分解结果(1998—2012)
Tab.2 The result of Theil index decomposition
(1998—2012)

年份	区域内				区域内 总和	区域间	总体
	东部	中部	西部	东北			
1998	0.0045	0.0029	0.0177	0.0062	0.0313	0.0507	0.0820
1999	0.0031	0.0048	0.0194	0.0065	0.0338	0.0573	0.0911
2000	0.0018	0.0044	0.0201	0.0071	0.0334	0.0629	0.0962
2001	0.0032	0.0057	0.0226	0.0077	0.0392	0.0611	0.1003
2002	0.0043	0.0051	0.0252	0.0079	0.0425	0.0652	0.1077
2003	0.0050	0.0049	0.0286	0.0087	0.0472	0.0716	0.1188
2004	0.0074	0.0051	0.0406	0.0085	0.0616	0.0589	0.1205
2005	0.0070	0.0058	0.0413	0.0077	0.0619	0.0611	0.1230
2006	0.0069	0.0060	0.0432	0.0086	0.0646	0.0646	0.1292
2007	0.0063	0.0067	0.0327	0.0102	0.0558	0.0762	0.1320
2008	0.0058	0.0063	0.0311	0.0098	0.0529	0.0785	0.1315
2009	0.0061	0.0064	0.0314	0.0099	0.0537	0.0780	0.1318
2010	0.0046	0.0065	0.0313	0.0104	0.0528	0.0842	0.1370
2011	0.0041	0.0063	0.0340	0.0113	0.0557	0.0887	0.1444
2012	0.0051	0.0064	0.0338	0.0116	0.0569	0.0916	0.1486

异中的占比始终保持在1.82%与6.14%之间,而中部区域内各省份的差异在总体差异中的占比则始终保持在3.55%与5.66%之间。

4 碳排放约束下的中国地区农业生产效率差异影响因素研究

泰尔指数的分解结果解释了中国农业投入产出效率区域差异的内部结构与导致差异的主要方面。接下来,本文将使用邓氏灰色关联分析方法,对外部因素与农业投入产出效率差异的关系进行研究,从而对影响效率差异的外部关键因素进行探索。参考已有研究与本文的实际情况,这里选取了中国农业生产效率地区差异(x_0)的7个方面的影响因素加以研究,其中包括:城市化水平的地区差异(x_1)、城乡收入比的地区差异(x_2)、研发创新投入力度的地区差异(x_3)、产业结构的地区差异(x_4)、农村劳动者教育素质的地区差异(x_5)、农业结构的地区差异(x_6),以及灾害影响的地区差异(x_7)。

首先,根据邓氏灰色关联分析方法的步骤,对原始数据序列进行初值化处理,采用初值像的方式进行无量纲化处理(表4)。进而基于初值化处理结果求得差序列(表5)。

根据差序列可求得两极最大差值 $M=1.5366$,两极最小差值 $m=0$ 。进而依照公式(9)与公式(10),可以求得代表中国农业生产效率地区差异的序列 x_0 与包括城市化水平地区差异在内的7个差异影响因素序列的邓氏灰色关联度,具体结果见表6。

根据表6的研究结果可知,在对中国农业生产

表3 泰尔指数分解贡献率(1998—2012)
Tab.3 The contribution of Theil index decomposition
(1998—2012)

年份	区域内/%				区域内 总和/%	区域间 /%
	东部	中部	西部	东北		
1998	5.47	3.55	21.60	7.54	38.16	61.84
1999	3.37	5.31	21.27	7.13	37.07	62.93
2000	1.82	4.62	20.89	7.35	34.68	65.32
2001	3.23	5.66	22.54	7.69	39.12	60.88
2002	3.97	4.77	23.40	7.32	39.45	60.55
2003	4.17	4.17	24.11	7.30	39.74	60.26
2004	6.14	4.21	33.73	7.07	51.15	48.85
2005	5.69	4.74	33.59	6.27	50.29	49.71
2006	5.30	4.64	33.43	6.64	50.01	49.99
2007	4.78	5.04	24.75	7.71	42.28	57.72
2008	4.38	4.82	23.62	7.45	40.26	59.74
2009	4.61	4.85	23.80	7.52	40.78	59.22
2010	3.38	4.71	22.86	7.60	38.55	61.45
2011	2.81	4.39	23.56	7.80	38.57	61.43
2012	3.44	4.29	22.77	7.83	38.33	61.67

表4 数据初值化处理结果
Tab.4 Initialization process result of the data

数列	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1998	1	1	1	1	1	1	1	1
1999	1.1111	0.9814	0.9394	0.9527	1.0841	0.9815	0.9883	0.6836
2000	1.1732	0.9602	0.9130	0.7987	1.1657	0.8505	1.2844	1.0048
2001	1.2231	0.9301	0.9461	0.7694	1.1558	0.6273	1.1084	1.1446
2002	1.3135	0.8812	0.9406	0.7301	1.1938	0.9676	1.1279	0.5148
2003	1.4483	0.8560	0.8849	0.7101	1.2830	0.9805	1.3002	0.7474
2004	1.4692	0.8376	0.8891	0.5522	1.3095	0.9183	1.5025	0.9594
2005	1.4997	0.8442	0.8338	0.5531	1.3967	1.0563	1.7110	0.7783
2006	1.5750	0.8198	0.8276	0.5030	1.4480	1.0336	1.4354	1.0715
2007	1.6095	0.8242	0.8175	0.4816	1.4843	1.0045	1.2541	0.9213
2008	1.6030	0.8138	0.7672	0.4413	1.5227	0.9462	1.1799	1.3048
2009	1.6065	0.8112	0.2999	0.3657	1.4714	0.9165	1.2393	1.1124
2010	1.6707	0.7983	0.2795	0.3992	1.4788	0.8002	1.3413	1.0608
2011	1.7605	0.7939	0.2838	0.4054	1.4792	1.0072	1.4050	1.2933
2012	1.8113	0.7577	0.2747	0.3945	1.4707	0.9512	1.3926	0.7672

表5 灰色关联分析的差序列处理结果
Tab.5 The result of difference sequence for grey
correlation analysis

数列	$ x_0-x_1 $	$ x_0-x_2 $	$ x_0-x_3 $	$ x_0-x_4 $	$ x_0-x_5 $	$ x_0-x_6 $	$ x_0-x_7 $
1998	0	0	0	0	0	0	0
1999	0.1297	0.1717	0.1584	0.0270	0.1296	0.1228	0.4275
2000	0.2129	0.2602	0.3745	0.0075	0.3227	0.1112	0.1684
2001	0.2930	0.2770	0.4536	0.0673	0.5957	0.1147	0.0784
2002	0.4322	0.3728	0.5834	0.1197	0.3458	0.1856	0.7987
2003	0.5924	0.5634	0.7382	0.1653	0.4678	0.1481	0.7009
2004	0.6317	0.5801	0.9170	0.1598	0.5509	0.0332	0.5098
2005	0.6555	0.6659	0.9466	0.1030	0.4434	0.2113	0.7214
2006	0.7552	0.7474	1.0720	0.1270	0.5414	0.1395	0.5035
2007	0.7854	0.7921	1.1280	0.1253	0.6050	0.3555	0.6882
2008	0.7891	0.8357	1.1617	0.0803	0.6568	0.4231	0.2982
2009	0.7952	1.3066	1.2408	0.1351	0.6900	0.3671	0.4941
2010	0.8724	1.3912	1.2715	0.1919	0.8705	0.3294	0.6099
2011	0.9666	1.4767	1.3551	0.2813	0.7533	0.3555	0.4672
2012	1.0536	1.5366	1.4168	0.3406	0.8600	0.4187	1.0441

表6 灰色关联度及其排序结果
Tab.6 Results of grey correlations and ranks

关系	γ_{01}	γ_{02}	γ_{03}	γ_{04}	γ_{05}	γ_{06}	γ_{07}
关联度	0.5981	0.5690	0.5204	0.8648	0.6206	0.7917	0.6376
排序	5	6	7	1	4	2	3

效率地区差异产生影响的各因素中,关联度最高的因素为产业结构的地区差异(关联度为0.8648)。关联度排在第二位至第六位的因素依次为农业结构的地区差异(关联度为0.7917)、灾害影响的地区差异(关联度为0.6376)、农村劳动者教育素质的地区差异(关联度为0.6206)、城市化水平的地区差异(关联度为0.5981)、城乡收入比的地区差异(关联度为0.5690)。关联度排在最后一位的因素是研发投入力度的地区差异(关联度为0.5204)。

通过分析上述研究结果,可以发现,首先,包括产业结构与农业结构等在内的结构性因素地区差异是影响中国农业生产效率地区差异最为重要的因素,其原因可能在于,一方面农业生产具有规模性与专业性,第一产业在GDP中所占比重一定程度上反映了农业发展对于某一地区的重要性,也反映了某一地区对于农业发展的相对重视程度。因此这种结构的差异必然会对农业生产效率的地区差异产生影响。另一方面,构成第一产业的农林牧渔业在生产中的碳排放情况也各不相同。相关研究指出,相比林业、渔业等低碳产业,种植业生产需投入大量化肥、农药等生产要素资料,单位产值所导致碳排放量通常更多^[17]。因此各地区在农林牧渔业相对比重上的差异性也会导致其在农业生产效率上的差异。

其次,各地区在遭受农业自然灾害影响方面的差异会对农业生产效率地区差异产生较为重要的影响。生产活动易受自然条件影响是农业区别于其他产业的最主要的特点之一。农业自然灾害每年都会给中国经济带来巨大损失,受到灾害影响的面积越大,对于生产效率的影响也就越大。同时,中国区域广阔,各地区自然条件差异较大,在农业防灾与减灾方面的投入也存在较大差异。因此,这种差异也会影响到各地区的农业生产效率的差异。

再次,农村劳动者教育素质的地区差异也是影响农业生产效率地区差异的重要因素之一。现代农业生产离不开较高素质的农业劳动者。如果劳动者不能接受一定水平的教育与培训,将无法适应高水平现代农业技术的要求,同时,环保理念在农业生产中的践行也需要较高素质的农业劳动者。

因此,要注意提升的农村劳动者教育素质,缩小各地区在此方面的差异。

最后,其他因素的影响作用也不可忽视。从研究结果看,尽管城市化水平的地区差异、城乡收入比的地区差异,以及研发创新投入力度的地区差异这三个因素与农业生产效率差异的关联度排序相对较为靠后,但其灰色相关度均在0.5以上,因此也需要重视其影响,注意消除各地区在城市化水平、城乡收入差距,以及研发创新投入方面的差异,以缩小农业生产效率的地区差异。

5 结论与政策含义

本文采用考虑非期望产出的SBM模型进行效率测算,并采用基于Theil指数的差异测度与分解方法,以及灰色关联分析方法,考察了1998—2012年碳排放约束下的中国农业生产效率差异的内部结构与外部影响因素。研究结果表明:

第一,中国大部分省市处于农业生产非效率的状态,农业生产效率整体水平还有较大的可提升空间。从时间变化趋势看,将2012年的情况与1998年进行对比可知,除北京等8个省市始终保持在农业生产效率前沿面上,以及河北、江苏与海南三省效率有所提高外,余下的大部分省市均出现了不同程度的效率下降。这一结果显然不利于中国农业整体效率的提升,也不利于农业向资源节约与环境友好方向的转变。因此,对于非效率地区,应当着力调整其农业生产的投入结构,变小规模粗放式生产为大规模精细化生产,提高资源配置的水平,提高农业发展质量,同时应加大农业科技投入力度,发展绿色农业,推行高效清洁生产技术,控制生产过程中的碳排放,以更少的资源投入,更高的期望产出,更低的温室气体排放,实现农业生产效率的整体提升。

第二,中国的农业生产效率存在较为明显的差异性特征,在大多数年份中,这种差异主要由东中西与东北部区域间的差异所造成,原因主要在于各区域之间在自然条件、经济发展水平、基础设施状况、农业现代化水平等方面存在着较为明显的差异性。因此,为了有效缩小区域间农业生产效率差异,实现整体效率水平的提升,在下一阶段的发展中,有必要根据各区域的不同特征,采取差别化的农业发展战略,即在进一步巩固效率领先区域优势的同时,加大对农业生产效率水平较低的中西部区域的发展支持力度,在提高资金投入效率的同时,

利用财税与法规相结合的调控手段,建立起一套综合考虑农业经济效益与碳排放水平的农业核算与监测体系,激励各地通过科技创新与规模化生产发展现代农业,实现经济与生态的协调发展。同时,应当加强区域内与区域间的良性互动。东部区域可以在巩固区位优势发展高质量农业的同时,增强辐射带动作用,带动落后区域,尤其是中西部区域向着农业高效率的发展方向转变。中西部区域则要结合自身优势,向东部区域学习先进的技术与理念,延伸产业链,在提高农业产出的同时,有效控制农业生产过程中碳排放水平的增长,缩小区域之间的差异。

第三,东中西部及东北部各区域内部省份之间的差异比重格局基本保持稳定。除个别年份外,来自东中西与东北部区域内部的差异是造成整体差异的次要原因,其中,西部区域内各省份的差异在各区域内差异中的占比最大,其主要原因在于,有些西部省份以农业耕种为主,有些西部省份则以畜牧业为主,各省份差异较为明显。但这也意味着西部地区通过缩小省份之间的差异来提高农业生产效率的发展潜力最大。因此,应当根据西部区域内各省份的特点,强化农业生产与生态功能分区,因地制宜地制定有针对性的发展政策,引导与扶持相结合,改善西部地区的农业生产条件,改革相对落后地区的农业技术推广体系,加快农业技术信息的传播速度,减少农业生产中的致污性投入,以更低投入换取更高水平的农业产出与更低的碳排放水平,实现各省份的协调发展与西部整体农业生产效率的提升。

第四,在对中国农业生产效率地区差异产生影响的各外部因素中,关联度最高的因素为产业结构的地区差异。关联度排在第二位至第六位的因素依次为农业结构的地区差异、灾害影响的地区差异、农村劳动者教育素质的地区差异、城市化水平的地区差异、城乡收入比的地区差异。关联度排在最后一位的因素是研发创新投入力度的地区差异。因此,为了缩小农业生产效率的地区差异,首先应当注意加强各地区农业生产的专业化与规模化,加强农业内部结构的合理布局优化,消除结构方面的差异性。其次,应当根据各地区自然条件的不同之处,因地制宜加强农业自然灾害预防与减灾设施建设,消除各地区在抵御自然灾害的能力方面的差异性。再次,各地区应当加大对农村劳动者加强教育培训,消除各地区农村劳动者在掌握先进农业

生产技术的能与环保意识方面的差距。最后,应注意消除各地区在城市化水平、城乡收入差距,以及研发创新投入方面的差异,不应忽视其对缩小农业生产效率地区差异的作用。

参考文献:

- [1] 闵继胜,胡浩. 中国农业生产温室气体排放量的测算[J]. 中国人口·资源与环境,2012(7):21-27.
- [2] Shafiq M, Rehman T. The extent of resource use inefficiencies in cotton production in Pakistan's Punjab: an application of data envelopment analysis[J]. *Agricultural Economics*, 2000, 22: 321-330.
- [3] Monchuk D C, Chen Z, Bonaparte Y. Explaining production inefficiency in China's agriculture using data envelopment analysis and semi-parametric bootstrapping[J]. *China Economic Review*, 2010, 21: 346-354.
- [4] Shortall O K, Barnes A P. Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers[J]. *Ecological Indicators*, 2013, 29: 478-488.
- [5] Ray S C, Ghose A. Production efficiency in Indian agriculture: An assessment of the post green revolution years[J]. *Omega*, 2014, 44: 58-69.
- [6] 方鸿. 中国农业生产技术效率研究: 基于省级层面的测度、发现与解释[J]. *农业技术经济*, 2010(1): 34-41.
- [7] 贺正楚, 吴艳, 周震虹. 我国各省市农业投入与产出的效率评价[J]. *经济地理*, 2011, 31(6): 999-1002.
- [8] 潘丹, 应瑞瑶. 中国农业全要素生产率增长的时空变异: 基于文献的再研究[J]. *经济地理*, 2012, 32(7): 113-117, 128.
- [9] 杨刚, 杨孟禹. 中国农业全要素生产率的空间关联效应——基于静态与动态空间面板模型的实证研究[J]. *经济地理*, 2013, 33(11): 122-129.
- [10] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978(2): 429-444.
- [11] 刘勇, 李志祥, 李静. 环境效率评价方法的比较研究[J]. *数学的实践与认识*, 2010(1): 84-92.
- [12] Tone K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks-based measure (SBM) approach[J]. *GRIPS Research Report Series I*, 2003, 0005.
- [13] 王珏, 宋文飞, 韩先锋. 中国地区农业全要素生产率及其影响因素的空间计量分析——基于1992~2007年省域空间面板数据[J]. *中国农村经济*, 2010(8): 24-35.
- [14] 宋德勇, 卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2009(3): 18-24.
- [15] 张秀梅, 李升峰, 黄贤金, 等. 江苏省1996年至2007年碳排放效应及时空格局分析[J]. *资源科学*, 2010(4): 768-775.
- [16] 田云, 张俊飏, 李波. 中国农业碳排放研究: 测算、时空比较及脱钩效应[J]. *资源科学*, 2012(11): 2097-2105.
- [17] 吴贤荣, 张俊飏, 田云, 等. 中国省域农业碳排放: 测算、效率变动及影响因素研究——基于DEA-Malmquist指数分解方法与Tobit模型运用[J]. *资源科学*, 2014(1): 129-138.