

# 基于 DEA-Malmquist 模型的江苏省 农业生态效率时空差异分析

胡卫卫, 于水, 马智源, 赵若言, 辛璟怡

(南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:** [目的] 研究江苏省农业生态效率的区域差异和动态演变历程, 为该省生态农业的大力发展提供科学依据。[方法] 采用 DEA-BCC 模型对江苏省 13 个地区 2001—2015 年的农业生态效率进行分析。运用 DEA-Malmquist 指数分析技术进步变动指数、综合技术变动指数、纯技术效率指数和全要素规模效率指数的变动状况。[结果] 江苏省各地区农业生态效率差异显著, 年均生态效率呈“先下降, 后稳定”两阶段趋势。[结论] 进一步提升生产管理水平和技术进步的协调程度, 强化技术进步创新是提升江苏省农业生态效率的有效举措。

**关键词:** 农业生态效率; DEA-Malmquist 指数; 区域差异; 动态演变

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2018)02-0297-06

**中图分类号:** F323.22, F224

**文献参数:** 胡卫卫, 于水, 马智源, 等. 基于 DEA-Malmquist 模型的江苏省农业生态效率时空差异分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 297-302. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.02.049. Hu Weiwei, Yu Shui, Ma Zhiyuan, et al. Spatial and temporal variance analysis of agricultural eco-efficiency in Jiangsu Province based on DEA-Malmquist model[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(2): 297-302.

## Spatial and Temporal Variance Analysis of Agricultural Eco-efficiency in Jiangsu Province Based on DEA-Malmquist Model

HU Weiwei, YU Shui, MA Zhiyuan, ZHAO Ruoyan, XIN Jingyi

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

**Abstract:** [Objective] This paper studied the regional difference and dynamic evolution of agricultural eco-efficiency in Jiangsu Province to provide scientific basis for the vigorous development of ecological agriculture in the province. [Methods] Using DEA-BCC model, agricultural eco-efficiencies in 13 regions of Jiangsu Province in 2001—2015 were analyzed. The variations of technology development index, comprehensive technical index, pure technical efficiency and scale efficiency of total factor index were demonstrated. [Results] A significant difference was found among different regions of Jiangsu Province with respect to agricultural ecological efficiency. Annual ecological efficiency experienced two different variation phases, which were “descending firstly and getting stable”. [Conclusion] To further improve the level of production management and the coordination degree of technological progress, strengthening the innovation of technological progress is an effective measure to improve the agricultural eco-efficiency of Jiangsu Province.

**Keywords:** agricultural eco-efficiency; DEA-Malmquist index; regional differences; dynamic evolution

江苏素有“鱼米”之乡之称, 其稻田生态系统是国际公认的最具可持续性的生态系统。近年来, 农业生态化作为一个新的理念和领域被政府和公众认可, 其实质就是发展农业生态经济<sup>[1]</sup>。江苏省是工业化和城镇化起步较早的省份, 经济的高速发展在带来物质

丰富的同时也衍生一系列环境问题, 农业生态环境问题愈发严重引起社会各界重视<sup>[2]</sup>。江苏省农业生态化建设效果如何是值得探讨的问题, 基于此背景, 本研究以生态效率评价为主线对江苏省的农业生态效率进行测度并对其时空差异进行分析。生态效率

(eco-efficiency)是生态和效率的综合,即表示生态的程度和水平。首次提出生态效率概念的是 Schaltegger 和 Sturm<sup>[3]</sup>。生态效率概念提出来以后,世界各国不同的组织或学者从多个维度对生态效率的内涵进行界定,其中,全球可持续发展工商委员会认为生态效率即所提供的产品和服务应该具备两个条件,一是满足人类需求,二是对环境的影响不能够超过环境的可承载量<sup>[4]</sup>。经济合作与发展组织(OECD)认为生态效率就是资源满足人类需求的效率<sup>[5]</sup>。国际金融组织(IFC)环境投资部认为生态效率就是利用高效的工艺提升资源产出效率。加拿大工业部认为生态效率是一种特殊的管理方法,其主要的目的是实现经济价值的最大化<sup>[6]</sup>。概括众多学者的观点,可以认为生态效率表示社会经济的发展产生的价值量与资源要素投入之间的关系。因此,农业生态效率表示农业的生产发展产生的价值量与农业资源投入的比值。生态效率概念被提出以及评价方法被设计出来以后,迅速的在行业、企业以及区域发展等多个领域得到运用。其中,Willison<sup>[7]</sup>对渔业在多样性共生方面的生态效率进行研究。Sarkis<sup>[8]</sup>对企业废弃产品的处理技术进行生态效率评价。Fussler 和 James<sup>[9]</sup>认为要提升企业的生态效率,使企业经营达到最优的状态,应该从客户、产品生命周期、资源环境承载力和生活质量 4 个方面考虑。在农业生态效率研究方面,潘丹、应瑞瑶<sup>[10]</sup>对中国 31 个省份的农业生态效率评价,得出 1998—2009 年中国农业生态效率虽然呈现缓慢上升态势,但整体仍处于较低水平。王宝义等<sup>[11]</sup>研究认为中国农业生态效率总体呈现“降—升—降—升”平缓右偏型“W”结构,总体上趋于提升。对农业生态效率的评价方法,绝大多数学者运用的是数据包络分析法,部分学者如程翠云等<sup>[12]</sup>用机会成本的经济核算方法。在农业生态效率指标的选取上,学者们也基本是根据农业生态效率的内涵建立指标体系,其中,吴小庆等<sup>[13]</sup>根据种植业的生产的特点,将农业生态效率指标分为两大类子系统:经济效益子系统和环境影响子系统。郑家喜等<sup>[14]</sup>将农村劳动力

人数、农业用水量、农业用电量、化肥使用量以及农药和农膜使用量为投入指标;农业总产值(亿元)为产出指标。本研究在文献查阅的基础上,综合了众多学者的观点,构建农业生态效率的评价体系,以江苏省 13 个地市为研究对象,对其 2001—2015 年的农业生态效率进行了分析,研究结果对了解 21 世纪以来,江苏省农业生态效率的状况具有重要意义。

## 1 研究方法 with 指标构建

### 1.1 研究方法

(1) 数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)。DEA 是近些年来发展起来的非参数方法中最为常用的效率评价方法,DEA 的显著特点是不需要考虑投入产出之间的函数关系,而且无需预先估计参数,无需做任何权重假设,避免了主观因素,DEA-BCC 的线性方程为<sup>[15-16]</sup>:

$$\begin{cases} \min[\theta - \epsilon(\sum_{r=1}^t s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^-)] \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \end{cases} \quad (1)$$

( $j=1, 2, 3, \dots, n; \lambda_j \geq 0; s_i^- \geq 0; s_r^+ \geq 0$ )

式中: $\lambda_j$ ——相对于 DMU<sub>i</sub> 重新构造的一个有效 DMU 组合中第  $j$  个决策单元 DMU 的组合比例; $n$ ——决策单元 DMU 的个数; $m, t$ ——投入指标(消耗的资源)和产出指标(输出的成效); $x_{ij}$ ——第  $j$  个决策单元对第  $i$  种类型投入的投入量; $y_{rj}$ ——第  $j$  个决策单元对第  $r$  种类型产出的产出量; $s_i^-, s_r^+$ ——松弛变量,分别代表投入冗余和产出不足; $\epsilon$ ——阿基米德无穷小量,可取  $\epsilon=10^{-6}$ ; $\theta$ ——该决策单元的有效值,即投入相对于产出的相对效率。

(2) Malmquist 指数的经济学解释。Malmquist 指数即 MPI 是 Malmquist 在分析消费的过程中首次提出的,Caves 等<sup>[17]</sup>首次用它作为生产效率指数,此后该指数与 DEA 理论相结合,表示从  $t$  到  $t+1$  时期生产效率变化情况。

$$MI = \frac{D^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D^t(x_0^t, y_0^t)} \left\{ \frac{D^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})}{D^{t+1}(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})} \times \frac{D^t(x_0^t, y_0^t)}{D^{t+1}(x_0^t, y_0^t)} \right\}^{1/2} \quad (2)$$

式中: $(x_0^t, y_0^t), (x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ —— $t$  和  $t+1$  时期投入和产出的向量; $D^t(x_0^{t+1}, y_0^{t+1})$ ——以第  $t$  期的技术水平表示的第  $t+1$  期的生态效率水平; $D^{t+1}(x_0^t, y_0^t)$ ——以第  $t+1$  期的技术水平表示的当期生态效率水平。

$$MPI = TEC \cdot TC = PTEC \cdot SEC \cdot TC \quad (3)$$

式中:TC——技术进步变动指数,表示从  $T$  到  $T+1$  时期,每一个决策单元生产技术的变化程度或者说在生产前沿面上的移动状态,若  $TC > 1$ ,表示生产前沿面向外移动,生产技术得到提升,若  $TC < 1$ ,表示生

产技术有衰退的趋势; TEC——综合技术变动指数,是各要素自由处置且在规模报酬不变的情况下的相对效率变化,表示从  $T$  到  $T+1$  时期,每一个决策单元对生产前沿面的追赶程度。若  $TEC > 1$ ,说明技术效率得到很大的改善,生产接近前沿面;若  $TEC < 1$ ,说明技术效率降低。由于  $TEC = PTEC \cdot SEC$ ,即综合技术变动指数又可以分解为规模效率变动指数和纯技术效率变动指数,当  $PTEC > 1$  时,表示效率提升, $PTEC < 1$ ,效率下降; SEC——规模效率变动带来效率的相对变化,表明从  $T$  到  $T+1$  时期,每个决策单元的实际生产规模与最优规模存在的差距,当  $SEC > 1$  时,接近最优规模,反之, $SEC < 1$ ,远离最优规模。

## 1.2 指标构建

运用 DEA-BCC 模型进行农业生态效率的测度需要确定投入指标和产出指标,构建科学合理的指标体系需要满足全面性、统一性和客观性原则。本研究从投入和产出两个方面构建指标体系:①农业生态效率的投入指标。根据统计数据的易得性从土地投入、劳动投入、化肥投入、机械投入、电力投入和水资源投入 6 个维度着手,其对应的具体指标为农作物播种面积( $10^3 \text{ hm}^2$ )、农林牧渔业从业人员(万人)、农用化肥施用量( $10^4 \text{ t}$ )、农业机械总动力( $10^4 \text{ kW}$ )、农业用电量( $10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ )和水资源投入( $10^8 \text{ m}^3$ )。②农业生态效率的产出指标。产出指标用农业的经济价值即农林牧渔总产值(亿元)表示。

## 2 江苏省农业生态效率的区域差异

本研究运用 Deap 2.0 软件,以江苏省 13 个地市为决策单元,根据投入—产出指标体系,对 2001—2015 年的面板数据(数据来源于《江苏省统计年鉴》、《江苏省农村统计年鉴》)进行测算,其运行结果详见表 1。从表 1 可知,江苏省 2001—2015 年综合技术效率  $Crste$  即农业生态效率平均值为 0.934,总体水平较高。在可持续发展理念引导下,江苏省土地资源得到保护,农业结构不断优化,通过科技进步推进农业的增产和增收。从 13 个地市各自农业生态效率测度结果来看:苏州、南通、淮安、盐城和扬州 5 个地市农业生态效率值为 1.000,DEA 有效并处于有效的生产前沿面上,技术效率和规模效率同时达到最优状态。在江苏省 3 个沿海城市中,南通和盐城 2 个地区的农业生态效率达到最优状态,可见,沿海地区的生态农业发展程度在一定程度上要高于内陆。南京、无锡和徐州等其他 8 个地市农业生态效率相对 DEA 无效,并不是处于有效的生产前沿面上。从 13 地市

整体情况来看,农业生态效率没有达到最优效果的数目占总地市的 1/2 以上,区域之间的差异较为显著,如何缩小区域间的差异,提升农业生态效率总体水平仍然是江苏省在今后农业发展中面临的重要难题。从纯技术效率  $Vrste$  的显示结果来看,除徐州和泰州地区外,其他 11 个地区的纯技术效率均为 1.000,表明这些地区在当前的技术水平上,农业资源的投入是有效的。而徐州和泰州地区的纯技术效率没有达到最优,表明技术和管理是制约着其生态效率实现最优状态的主要原因,相对落后的经济和崎岖的地形也一定程度上制约着其他要素的发展。

表 1 江苏省农业生态效率的测度结果

地区	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	趋势
南京	0.872	1.000	0.872	Irs(上升)
无锡	0.962	1.000	0.962	Irs(上升)
徐州	0.817	0.823	0.993	Irs(上升)
常州	0.930	1.000	0.930	Irs(上升)
苏州	1.000	1.000	1.000	—
南通	1.000	1.000	1.000	—
连云港	0.965	1.000	0.965	Irs(上升)
淮安	1.000	1.000	1.000	—
盐城	1.000	1.000	1.000	—
扬州	1.000	1.000	1.000	—
镇江	0.837	1.000	0.837	Irs(上升)
泰州	0.826	0.889	0.929	Irs(上升)
宿迁	0.929	1.000	0.929	Irs(上升)
均值	0.934	0.978	0.955	—

综合技术效率是由纯技术效率和规模效率的乘积。在综合技术效率一定的情况下,规模效率状况取决于纯技术效率,研究规模状态要看两者的结合情况,根据规模效率值及变化趋势和纯技术效率的情况将 13 地市的规模效率划分为 5 个类别:最优规模、短期改善、规模相对较大、规模相对较小以及规模无效。其中,最优规模即规模效率和纯技术效率均为 1.000;短期改善为规模效率在区间(0.9,1),纯技术效率则大于 0.9;在规模效率均小于 0.9 的情况下,规模的大小取决于规模报酬的递增还是下降,如果规模报酬递减则表示规模相对较大,否则,则表示规模相对较小;如果规模效率在区间(0.9,1)且纯技术效率小于 0.9,则表示规模无效,具体的分类结果详见表 2。从表 2 规模效率状态分类看,苏州、南通、淮安、盐城、扬州 5 个地市规模最优,无锡、常州、连云港、宿迁 4 个地市通过优化资源投入的结构,在短期内可以达到最优规模状态,南京和镇江市规模相对较小,徐州和泰州市则规模无效。

表 2 江苏省各地市 2001—2015 年农业规模状态分类

最优规模	短期改善	规模相对较大	规模相对较小	规模无效
(SE=1, PTE=1)	(0.9<SE<1, PET>0.9)	(SE<0.9, 规模报酬递减)	(SE<0.9, 规模报酬递增)	(0.9<SE<1, PET<0.9)
苏州、南通、淮安、盐城、扬州	无锡、常州、连云港、宿迁	无	南京、镇江	徐州、泰州

### 3 江苏省农业生态效率的动态演变

#### 3.1 年均农业生态效率变化趋势

图 1 反映 2001—2015 年江苏省年均农业生态效率的动态演变情况。由图 1 可知,江苏省农业生态效率年均变化总体呈下降趋势,根据变化状态,可以划分为 2 个阶段。2001—2009 年是第 1 阶段,这个时期,波动幅度较大;2009 年以后是第 2 阶段,此阶段属于稳定期。江苏省年均农业生态效率呈下降趋势,根本原因是江苏省进入 21 世纪以来产业结构的调整。连云港、南通是较早的沿海开放城市,商业经济的快速发展在一定程度上削弱农业的地位,2017 年全国百强县中,江苏独占 20 个,是全国的 1/5。2001—2008 年,年均农业生态效率波动下降是因为这一时期江苏省农业生产总值构成由 2001 年的 11.6% 下降到 2008 年的 5.8%,农业的投入下降,政府把大部分的财政用于工业现代化建设和第三产业的发展。2008 年以后,农业生态效率趋势稳定,原因是自 2008 年的经济危机对江苏的第二和第三产业冲击较大,江苏省各地区加大资源重组力度,产业结构发生较大变化,改变原有的农业资源环境发展状态。虽然农业生态效率有所下降,但当资源配置合理,产业布局优化后,农业生态效率将会有很大改善,并趋于相对稳定状态。因此,有关部门应随时掌握农业科技发展的新动向,不断引进新的农业技术手段,完备科研设施,优化农业技术资源体系,加强对农业自身科研人员的重视。

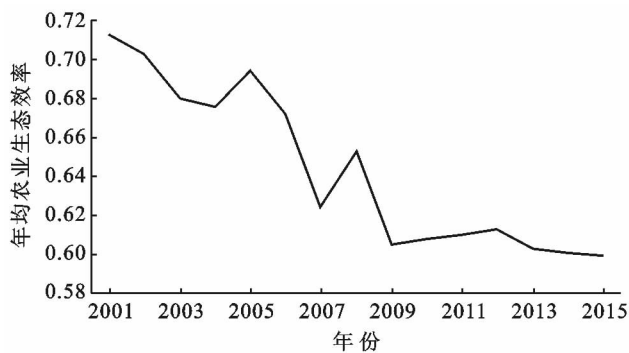


图 1 江苏省各地区 2001—2015 年  
年均农业生态效率的变化趋势

#### 3.2 江苏省农业生态效率分年 TFP 指数

运用 DEA-Malmquist 指数法对江苏省 2001—

2015 年农业生态效率的动态变化情况进行分析(表 3)。全要素生产率 TFP 表示总产量和总投入的比值,其增长率一般作为技术进步的重要指标。通过梳理全要素生产率(TFP)、技术进步变动指数(TC)和技术效率变动指数(EC)之间的关系,可以了解技术进步是否为生态效率全要素生产率增长的主要驱动力。从全要素生产率情况来看,2002—2003 年,2004—2005 年,2006—2007 年,2013—2015 年出现负增长,其余年份均为正增长,从 2007 年开始,一直保持正增长态势,一直持续 6 a。全要素生产率的均值为 1.059,基本处于较高水平。年均增长率为 -7.6%,整体分年 TFP 指数变化不大,呈双“M”走势。从图 2 可知,全要素生产率变动趋势可以分为两个阶段。第一阶段为 2007 年以前,这个时期,TFP 指数变化波动很大,呈“W”形态,2004 年达到最高水平,这是因为 2004 年,国务院开始实行减征或免征农业税的惠农政策,极大的调动农民农业生产的积极性,农业生产的人力、物力和财力得到极大保障。第二个阶段是 2008 年以后,这个时期的全要素生产率趋于稳定,说明自发生金融危机后,江苏省加快科研结构调整,围绕高效农业需要,加强新品种选育,加强新技术、新模式研究,资源重组,使得全要素生产率保持在一个稳定的状态。

表 3 江苏省农业生态效率分年 TFP 指数

年份	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
2001—2002	1.029	1.004	1.022	1.007	1.034
2002—2003	0.979	0.739	0.999	0.979	0.723
2003—2004	0.996	1.680	0.982	1.015	1.674
2004—2005	1.004	0.786	1.017	0.987	0.789
2005—2006	1.012	1.059	1.003	1.010	1.072
2006—2007	0.947	1.034	0.995	0.952	0.979
2007—2008	1.024	1.215	0.985	1.039	1.245
2008—2009	1.038	1.079	1.022	1.016	1.120
2009—2010	1.010	1.092	0.992	1.018	1.103
2010—2011	0.987	1.088	0.995	0.992	1.074
2011—2012	1.004	1.189	0.989	1.015	1.193
2012—2013	1.021	1.143	1.023	0.998	1.168
2013—2014	0.978	1.005	0.978	1.000	0.983
2014—2015	0.990	0.965	1.016	0.975	0.955
均值	1.001	1.058	1.001	1.000	1.059

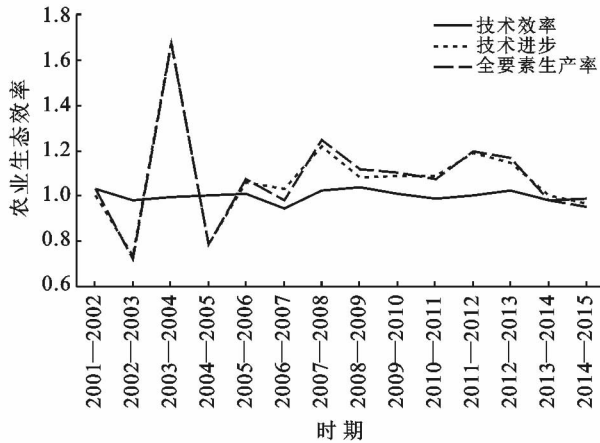


图 2 江苏省农业生态效率分年 TFP 分解情况

3.2.1 技术效率情况 技术效率是指由科技含量的提高而带来的产出成效,反映了对现有资源有效利用的能力,体现的是生产部门在既定投入水平下产出的最大能力。从技术效率变化情况来看,变动情况较小,基本围绕着 1 上下波动。技术效率均值为 1.001,可见,江苏省在农业生态化建设中,对科技的重视和投入持续稳定。

3.2.2 纯技术效率变动情况 从纯技术效率变动指数来看,2001—2015 年度平均值为 1.001,2015 年的变化趋势基本稳定,无太大的波动,但是整体水平落后于技术进步的增长速度,表明江苏省生态农业建设的生产管理水平和技术进步没有形成相互协调的关系,导致先进技术能力提升受到约束。在今后的农业生态化建设实践中,各农业生产主体在加强农业技术创新和技术开发的同时,要不断的提升生产管理水平,引进先进的农业管理人才,保持管理和技术同步发展,实现农业生产制度和管理人才的合理配套。

3.2.3 规模效率变动情况 从规模效率的变化情况来看,整体上呈“下降—上升—下降—上升”持续的波动趋势,基本上围绕着 1.000 上下变动。2013—2014 年,规模效率为 1.000,表明这个时间段实际规模和最优规模相等,是一种理想的状态水平。2002—2003,2004—2005 年,2006—2007 年,2010—2011 年,2012—2013 年,2014—2015 年,规模效率均小于 1.000,实际规模效率远离最优规模,增长率波动处于下降的态势。规模效率的下降趋势对农业生态效率的提升将产生不利的影响。从整体上看,要想继续保持要素配置的合理性,提升规模效益,还应该不断的提升专业化水平,向规模化的方向集聚。其余时间段,规模效率均大于 1.000,表明每个决策单元的实际生产规模都接近最优规模。

### 3.3 江苏省农业生态效率分地区 TFP 指数及分解情况

表 4 反映出江苏省各个地市农业生态效率的

TFP 指数及分解情况,13 地市农业生态效率的 TFP 指数差异显著,其中,南京是增长率最快的地市,平均增长率为 11.9%,宿迁最小,平均增长率 4%。各地市全要素生产率为 1.059,总体处于较高状态。从技术效率来看,南京、无锡、徐州、连云港、镇江和泰州高于其他地区。技术效率由纯技术效率和规模效率共同作用产生。同时发现,除徐州、泰州和宿迁外,其他各个地市的纯技术效率均为 1.000,因此可以得出:规模效率的变动是引起技术效率变动的主要原因。在投入规模效率上,常州、苏州、淮安和扬州 4 个地区的规模效率为 1.000,南通、盐城、泰州和宿迁的规模效率小于 1.000,且规模报酬递增,在未来一段时间内,通过增加各生产效率的投入量,可以提升生态农业的全要素生产率。其他地区的规模效率大于 1.000,规模报酬递减,因此应缩小相应的要素投入。

表 4 江苏省农业生态效率分地区 TFP 指数

地区	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
南京	1.010	1.080	1.000	1.010	1.119
无锡	1.002	1.080	1.000	1.002	1.083
徐州	1.015	1.048	1.014	1.001	1.063
常州	1.000	1.073	1.000	1.000	1.073
苏州	1.000	1.091	1.000	1.000	1.091
南通	0.997	1.025	1.000	0.997	1.021
连云港	1.003	1.033	1.000	1.003	1.036
淮安	1.000	1.030	1.000	1.000	1.030
盐城	0.999	1.058	1.000	0.999	1.057
扬州	1.000	1.070	1.000	1.000	1.070
镇江	1.001	1.070	1.000	1.001	1.072
泰州	1.001	1.056	1.002	0.998	1.057
宿迁	0.988	1.016	0.999	0.990	1.004
均值	1.001	1.058	1.001	1.000	1.059

从图 3 江苏省农业生态效率分地区 TFP 分解情况来看,技术效率保持稳定,技术进步和全要素生产率保持一致的变化趋势,因此,技术进步是导致全要素生产变动的核心变量。江苏省在今后生态农业建设中,应该从以下 3 个方面着手:①提高农业生态科技意识。改变传统单纯以盈利为目的的技术研发,通过科普宣传以及科技下乡活动大力普及农业生态科技知识,充分发挥高校、科研院所、第三方团体等组织在生态科技知识宣传中的重要性。②提高农业生态科技成果的转化率。“科技是第一生产力”,提高农业生态科技成果的转化是一项非常重要的任务,在江苏省生态农业建设中,大力发展以清洁生产为重点的农业生态科技。要以市场化机制为导向,推进农业生态科技成果产业化。③加强农业生态科技人才队伍建设。江苏省经济发达,具有良好的人才市场优势,应

该坚持留住本地人,吸引外来人的原则,实施农业生态科技人才战略,提高农业生态科技人才队伍素质,为促进农业生态化建设提供智力支持。

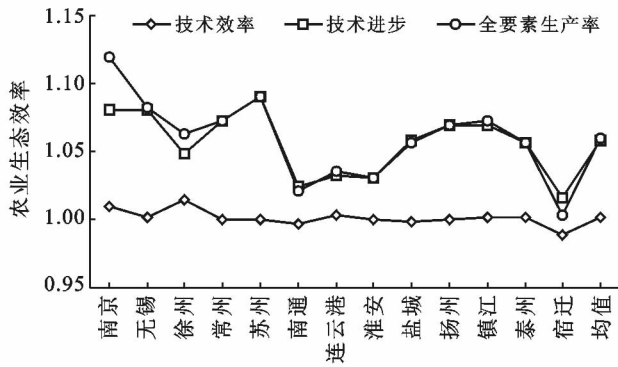


图 3 江苏省农业生态效率分地区 TFP 及分解情况

## 4 结论

(1) 江苏省各地区农业生态效率差异显著。13 个地市中,只有苏州、南通、淮安、盐城和扬州 5 个地市农业生态效率值为 1.000,其余 8 个地区没有达到最优水平。从地域分布来看,南通、连云港和盐城作为江苏省的沿海城市,其农业生态效率值明显高于南京、徐州等内陆地区,因此,总体来说,沿海地区要高于内陆,符合典型的“俱乐部效应”。

(2) 年均生态效率呈“先下降,后稳定”两阶段趋势。从 2001—2015 年江苏省年均农业生态效率的动态演变情况来看,总体呈下降趋势,以 2009 年为时间节点分为两个阶段,第一阶段波动较大,第二阶段趋于平稳。

(3) 生产管理水平和技术进步协调程度低。年度技术效率变化稳定,规模效率的变化整体上呈“下降—上升—下降—上升”持续的波动趋势。纯技术效率无太大的波动,但是整体水平落后于技术进步的增长速度,这表明江苏省生态农业建设的生产管理水平和技术进步没有形成相互协调的关系。

(4) 技术进步变动是导致地区 TFP 变化的主要驱动力。2001—2015 年技术效率变动稳定,而技术进步变动和全要素生产率的变化趋势一致,因此技术进步变动(TC)是导致 TFP 变化的主要驱动力。江苏省应从提高农业生态科技意识、提高农业生态科技成果的转化率和加强农业生态科技人才队伍建设促进农业技术进步。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 张文洲. 基于超循环经济的我国农业生态化发展研究[J]. 湖北社会科学, 2015(11): 97-101.

[2] 江苏农业生态环境保护与治理研究课题组. 江苏农业生态环境保护与治理的实践探索[J]. 江苏农村经济, 2017(3): 28-31.

[3] Jacqueline C. Early warning: Integrating eco-efficiency aspects into the product development process[J]. Environmental Quality Management, 2001, 10(2): 1-10.

[4] World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficiency: Creating more value with less impact[C]. Switzerland Geneva, 2000.

[5] Woodward R. Organization for economic cooperation and development[J]. International Organization, 1964, 19(1): 150-153.

[6] Nations Conference, Trade. Integrating Environmental and Financial Performance at the Enterprise Level: A Methodology for Standardizing Eco-efficiency Indicators[M]. US: United Nations Publication, 2003: 29-30.

[7] Martin W J H, Raymond P C. Counting biodiversity waste in industrial eco-efficiency: Fisheries case study[J]. Journal of Cleaner Production, 2009, 17(3): 348-353.

[8] Sarkis J, Dijkshoom J. Eco-efficiency of solid waste management in Welsh SMEs[J]. Environmentally Conscious Manufacturing, 2005, 5997(45): 59-97.

[9] Fussler C, James P. Driving Eco Innovation. A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability[M]. London: Pitman Pub., 1996.

[10] 潘丹, 应瑞瑶. 中国农业生态效率评价方法与实证: 基于非期望产出的 SBM 模型分析[J]. 生态学报, 2013, 33(12): 3837-3845.

[11] 王宝义, 张卫国. 中国农业生态效率测度及时空差异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(6): 11-19.

[12] 程翠云, 任景明, 王如松. 我国农业生态效率的时空差异[J]. 生态学报, 2014, 34(1): 142-148.

[13] 吴小庆, 王亚平, 何丽梅, 等. 基于 AHP 和 DEA 模型的农业生态效率评价: 以无锡市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(06): 714-719.

[14] 郑家喜, 杨东. 基于 DEA-Malmquist 分析法的农业生态效率测算研究: 以长江中游四省份为例[J]. 湖北社会科学, 2016(9): 65-71.

[15] 段永瑞, 孙丽琴, 赵金实. 基于数据包络分析的中国商业银行运作与服务效率评价[J]. 中国管理科学, 2013(S1): 15-19.

[16] 梁樑, 吴杰. 数据包络分析(DEA)的交叉效率研究进展与展望[J]. 中国科学技术大学学报, 2013, 43(11): 941-947.

[17] 韩雅清, 苏时鹏. 福建省水资源利用效率的静态与动态分析: 基于 DEA-BCC 和 DEA-Malmquist 两步法[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(5): 578-583.