

粮食增产背景下淮河流域农业生产效率 时空变化分析

周 亮¹,徐建刚²,张明斗³,蒋金亮¹,孙东琪¹

(1.南京大学地理与海洋科学学院,江苏 南京 210093;2.南京大学建筑与城市规划学院,江苏 南京 210093;
3.东北财经大学公共管理学院,辽宁 大连 116023)

摘要:在流域粮食增产与水环境约束双重背景下,采用DEA模型、Malmquist生产率指数和GIS空间分析方法,对2000~2011年淮河流域35个地市的农业生产效率及时空变化特征进行分析。结果发现:① 2000~2011年淮河流域农业生产效率普遍较高,技术效率在流域综合效率提升方面发挥着积极作用,但决定综合效率最优的规模效率却有微弱下降;② 农业生产效率空间分析发现,流域生产效率呈现东部高于中部,中部高于西部的空间梯度分布格局;③ 农业生产效率变化时空特征研究表明,2000~2011年流域综合效率变化和规模效率变化呈现微弱的下降趋势,其中流域西部下降最为显著,而技术效率与生产率却呈现提高趋势,其中东部提升最为显著;④ 依据综合效率计算结果和时间变化特征,将农业生产效率变化划分为5种基本类型,发现综合效率持续不变的a类型地市最多,是流域农业生产效率变化的主要类型。

关键词:农业;生产效率;DEA模型;时空变化;淮河流域

中图分类号:K329.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2013)12-1476-08

目前,中国正处在传统农业向现代农业转型的关键时期,农业健康持续发展、粮食稳产增产、农业生产效率提升,食品安全,以及农业与生态环境协调发展等课题,倍受学者关注。因此,各领域专家从不同角度对此展开了研究,如Dayal、Thirtle和Umetsu等从农业全要素生产率的测算方法^[1-3]、农业生产效率的区域差异^[4]、农业生产率的增长因素^[5-7]、农业全要素生产率的增长来源^[8,9],及农业生产率的区域收敛性^[10]等方面入手,分别对印度、美国、巴西、津巴布韦、墨西哥及菲律宾等国家的农业效率和全要素生产率进行测算,发现国家之间,不同国家内部各区域之间,农业生产率均存在着严重的区域不均衡特征。研究还发现,造成农业生产率区域差异的因素,除了与农药化肥施用量、灌溉比例、劳动力的投入量、工业化水平显著相关外,还与研究区的基础设施投入、教育投入、公共研究支出、新技术引进、推广和转移密切相关。基

于国外研究,中国农业生产效率方面的研究也快速展开,如Kalirajan、Baiding Hu和张永霞等^[11-14]利用C-D生产函数,索罗余值法及随机前沿(SFA)等方法对中国的农业生产的技术效率和全要素效率进行了测算,且进行了结构分解和动态分析。王文刚^[15]、秦钟^[16]、高强^[17]等则通过中国省域的农业生产效率进行测度及空间变化分析,探讨了中国分省生产效率的时序增长与空间分布特征。另外,Arthur Granstedt、J.S. Wallace和曾国平等学者^[18-21]还从农业生产效率与水资源利用效率、生态环境负荷及未来粮食产量的内在关系入手,剖析了水资源、生态环境对农业效率的影响。总结发现,已有成果多集中在国家和省域等行政单元尺度,在一定程度上分割了农业生产的内在自然属性,极少有针对完整流域空间的研究,基于粮食增产、耕地资源紧缺、水资源约束条件下的流域农业生产效率研究更少。淮河流域是耕地与水资源紧缺,粮食

收稿日期:2012-12-08;修订日期:2013-06-18

基金项目:南京大学研究生科研创新基金项目(2013CL07)、江苏研究生创新计划(CXLX13_033)、国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07210-010-001)资助。

作者简介:周 亮(1983-),男,甘肃天水人,博士研究生,主要从事环境地理,城市与区域规划研究。E-mail:zhougeo@126.com

通讯作者:徐建刚,教授。E-mail: xjg129@sina.com

增产与水环境压力巨大的典型流域,因此,本文选取淮河流域作为研究对象,探讨其内部农业生产效率的变化特征与趋势,以期为流域农业持续健康发展提供科学依据。

1 研究区域与数据源

1.1 研究区域

淮河流域地处中国东部,介于长江和黄河流域之间(图1)。流域总面积为 $26.96 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。流域主体涉及江苏、安徽、山东、河南4省35个地市,流域水资源稀缺,人均水资源量仅为全国的20%;流域耕地资源占中国的15.2%,耕地质量较低,人均耕地资源紧缺。该流域是中国小麦、玉米和稻谷的优势产区,2010年粮食产量为 $800 \times 10^8 \text{ kg}$,占全国粮食产量的14.6%,也是中国三大商品粮生产基地和粮食增产规划的核心区之一,承担约 $75 \times 10^8 \text{ kg}$ 新增粮食产能建设任务,粮食增产压力大。

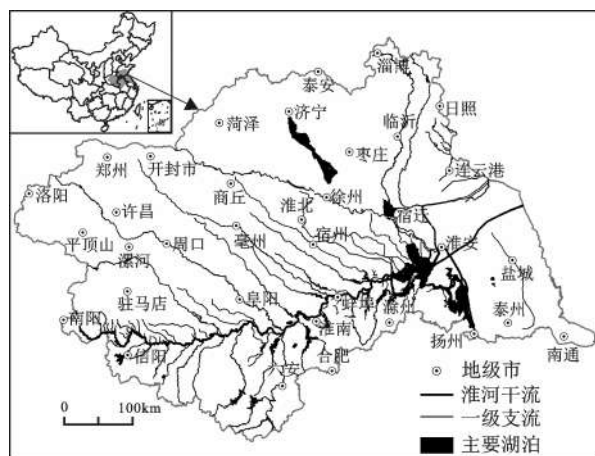


图1 淮河流域区位

Fig.1 Location of the Huaihe River Basin

1.2 数据来源

研究数据主要包括3类:①基础地图数据,主要是来源于国家基础地理信息中心的淮河流域1:25万基础分幅地图。②农业统计数据,来源于2001~2011年相应年份的《河南统计年鉴》^[22]、《江苏省农村统计年鉴》^[23]、《山东统计年鉴》^[24]、《安徽统计年鉴》^[25]、《中国县(市)社会经济统计年鉴》以及流域35个地级市相应年份统计年鉴等^[26]。③其他数据,来源于淮河水利委员会官方网站^[27]、《重点流域水污染防治规划(2011~2015年)》^[28]和《全国新增1000亿斤粮食生产能力规划(2009~2020年)》^[29]等。

2 研究模型与方法

2.1 基础模型

DEA模型是评价多投入和多产出决策单元效率的一种有效分析工具。假设模型中有 n 个决策单元,每个决策单元(DMU)都有 m 种类型的“输入”及 s 种“输出”,分别表示为:

$$X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T, Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T, j=1, 2, \dots, n$$

式中: $x_{ij}(x_{ij} > 0, i=1, 2, \dots, m)$ 代表第 j 个决策单元的第 i 种类型输入的投入量, $y_{rj}(y_{rj} > 0, r=1, 2, \dots, s)$ 为第 j 个决策单元的第 r 种类型输出的输出量。

构造 DEA-BCC 模型如下^[30-32]:

$$\begin{cases} \min \theta = V_{D_2} \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j \leq \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j \geq Y_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, 2, 3, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

2.2 全要素生产率的分解

Malmquist效率指数是Caves等在Malmquist数量指数与Shperhard的距离函数基础上发展起来用来测算生产率变动情况的分析方法,根据文献^[16,32], Malmquist效率指数模型表示:

$$M^t = D^t(x^{t+1}, y^{t+1}) / D^t(x^t, y^t) \quad (2)$$

式中, M^t 表示在时间 t 的技术条件下,从 t 到 $t+1$ 的技术效率变化; D^t 为 t 时期的生产距离函数, x^t, y^t 分别是 t 时期的投入和生产。

另外,也可以定义在时间 $t+1$ 的技术条件下,从 t 到 $t+1$ 的技术效率变化的 Malmquist 生产率变化指数:

$$M^{t+1} = D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) / D^{t+1}(x^t, y^t) \quad (3)$$

这2种情况的同时存在,就导致了因选择角度不同而产生的指数差别。取公式(2)和(3)得到的 M 值的几何均值衡量 t 到 $t+1$ 时期的效率变化。

$$\begin{aligned} TFPC &= M_{t,t+1} = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \\ &= EC(CRS) \times TC(CRS) \\ &= PTEC(VRS) \times SEC(VRS, CRS) \times TC(CRS) \quad (4) \end{aligned}$$

式(4)中, $TFPC$ 、 EC 、 $PTEC$ 、 SEC 、 TC 分别表示 Malmquist 生产率变化指数、综合效率变化指数、纯技术效率变化指数、规模效率变化指数和技术变化指数, CRS 、 VRS 分别为不变规模报酬和可变规模报酬。若 $EC(CRS) > 1$, 表示在时间 t 和 $t+1$ 时期内农业生产效率提高; $EC(CRS) = 1$, 表示这期间农业生产效率没有变化; $EC(CRS) < 1$, 表示这期间农业生产效率降低。其他指数也分别具有相应的涵义^[6]。

由公式(2)可知, Malmquist 生产率指数把各地农业生产率变化指数($TFPC$)分解为纯技术效率($PTEC$)、规模效率(SEC)、综合效率变化指数为(EC)和技术变化指数(TC)的乘积。农业生产率变化指数表示各地市农业要素资源的配置、利用水平和规模集聚等水平的变化; 技术变化指数表示各地市生产技术变化情况; 纯技术效率变化指数则仅表示农业生产要素资源的配置、利用水平变化; 规模效率变化指数则表示农业生产的地域规模集聚水平的变化。若 $EC(CRS) > 1$, 表示在时间 t 和 $t+1$ 时期内农业生产效率提高; $EC(CRS) = 1$, 表示这期间农业生产效率没有变化; $EC(CRS) < 1$, 表示这期间农业生产效率降低。

2.3 指标体系

农业生产效率的基本科学思想是以最小的资源投入, 获得最大的经济和生态价值, 因此, 依据数据包络方法要求, 将淮河流域农业生产系统分为投入与产出两大系统: 投入系统为动力、土地和技术 3 要素的函数, 确定农业劳动力和农业机械总动力为动力要素, 农作物播种面积为土地要素, 有效灌溉面积、化肥施用量(折纯)和农村用电量为技术要素; 产出系统以农业产值为货币要素, 粮食产量为实物要素, 从而建立流域农业生产的投入-产出模型。

3 流域农业生产效率及其分解特征

3.1 农业生产效率及其分解

以流域 35 个地市的农业投入-产出数据为基础, 求解 DEA 模型, 分别计算出 2000 年、2004 年、2008 年及 2011 年淮河流域农业生产效率, 并对其进行效率有效分解。结果显示, 农业综合效率、纯技术效率与规模效率呈现以下特征:

1) 综合效率: 淮河流域农业平均综合效率相对较高(0.934)。2000~2011 年有 34.28% 的地市综合效率均达到了最优, 分别为扬州、盐城、淄博等 12 地市。横向时间比较发现, 2000 年、2004 年、

2008 年和 2011 年平均综合效率分别为 0.944、0.941、0.930、0.922, 达到实际最优水平的 92%~95%, 且随时间推移依次递减。2000 年、2004 年、2008 年和 2011 年分别有 18 个、20 个、17 个、16 个城市达到了 DEA 综合效率最优, 分别占流域地市数量的 51.43%、57.14%、48.57% 和 45.71%。

2) 纯技术效率: 2000~2011 年纯技术效率普遍较高(0.966)。流域内徐州、南通、阜阳、日照等 20 个地、市纯技术效率 4 个研究期均达到最优, 占流域内城市数量的 57.14%, 相比综合效率和规模效率分别多出 8 个和 7 个地市。2000 年、2004 年、2008 年和 2011 年平均纯技术效率分别为 0.969、0.970、0.962、0.962, 纯技术效率最优的城市数分别为 25 个、26 个、27 个、26 个, 高出综合效率最优的城市数分别为 7 个、6 个、10 个、10 个。

3) 规模效率: 2000~2011 年流域内农业生产规模效率水平较高(0.968), 规模效率最优的地市数量多于综合效率和纯技术效率最优地市数量, 流域内盐城、宿迁和信阳等 13 个城市规模效率 4 个研究期达到最优, 占流域地市数量的 37.14%。横向时间比较来看, 2000 年、2004 年、2008 年和 2011 年流域中分别有 18 个、21 个、18 个、17 个城市达到了规模效率最优。

3.2 生产效率的空间特征

流域内农业生产效率存在不均衡特征, 表明代表流域农业效率值大小的原点存在相对差异。考虑到流域行政区空间完整性, 将流域划分为江苏淮河流域、安徽淮河流域、山东淮河流域和河南淮河流域, 分别对 4 省流域农业生产效率进行计算。通过表 1 比较发现, 流域农业生产效率具有以下特征:

1) 流域下游平原地区农业生产综合效率、纯技术效率和规模效率普遍高于流域中上游地区, 空间上呈现出与流域自然梯度格局相反的反梯度分布的特征(图 2)。2000~2011 年, 流域下游的江苏淮河流域的综合效率、纯技术效率和规模效率均高于流域中上游, 其综合效率分别达到有效性的 99%、100%、99%。上游的河南淮河流域综合效率、纯技术效率和规模效率最低, 其综合效率分别达到有效性的 85%、90%、94%, 山东与安徽流域介于上述两省之间。

2) 2000~2011 年, 农业综合生产效率整体呈现微弱的下降趋势, 但各地区下降程度不同, 综合效率从 2000 的 0.944 下降到 2011 年的 0.922, 流

表1 2000~2011年淮河流域不同区域农业生产效率比较

Table 1 Comparison of agriculture production efficiency in different regions of the Huaihe River Basin (2000-2011)

淮河流域分省	2000年			2004年			2008年			2011年		
	综合效率	技术效率	规模效率	综合效率	技术效率	规模效率	综合效率	技术效率	规模效率	综合效率	技术效率	规模效率
江苏	0.998	1.000	0.998	0.999	1.000	0.999	0.989	0.991	0.998	0.991	0.998	0.994
安徽	0.960	0.988	0.972	0.987	1.000	0.987	0.980	1.000	0.980	0.959	0.991	0.967
山东	0.961	0.989	0.971	0.947	0.975	0.969	0.941	0.985	0.954	0.952	0.997	0.955
河南	0.880	0.919	0.958	0.858	0.919	0.936	0.840	0.894	0.945	0.823	0.891	0.930
全流域	0.944	0.969	0.973	0.941	0.970	0.970	0.930	0.962	0.968	0.922	0.962	0.959

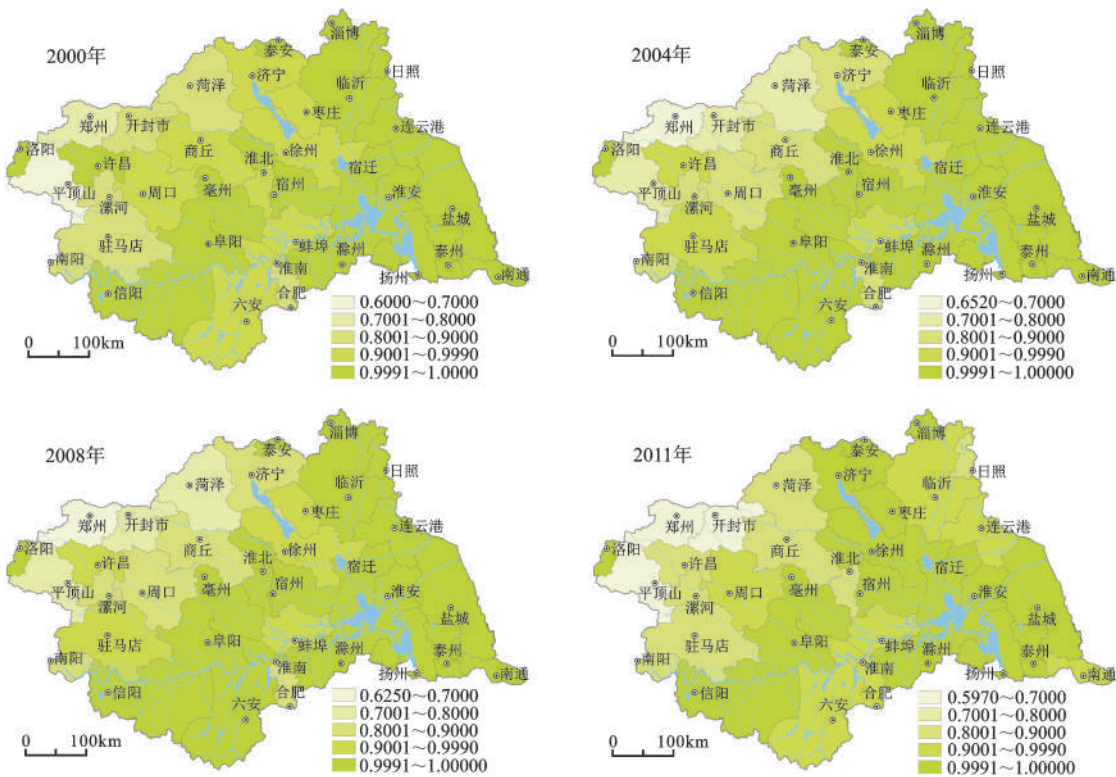


图2 2000~2011年淮河流域农业综合生产效率空间特征

Fig.2 Spatial-temporal variation of agriculture comprehensive productivity in the Huaihe River Basin (2000-2011)

域四省中河南流域下降最为明显,12 a中下降0.057;其次是山东淮河流域,江苏和安徽淮河流域则呈现先增后减的“∞”特征。

4 农业效率时空变化趋势及分类特征

为更细致的反映淮河流域2000~2011年农业生产率的时空格局变化,利用Malmquist生产率指数模型分别计算了2000~2004年、2004~2008年、2008~2011以及2000~2011年淮河流域35个地市农业综合效率变化、技术变化、纯技术效率变化、规模效率变化和生产率变化指数,并依据农业综

合效率变化特征进行类型划分。

4.1 农业生产效率时间变化趋势

1) 2000~2011年流域内农业综合效率呈现微弱下降趋势,纯技术效率变化和规模效率变化也分别呈退步和下降趋势(表2)。技术效率变化(1.133)和生产效率变化(1.122)大于1,而综合效率变化(0.991)、纯技术效率变化(0.996)和规模效率变化(0.995)均小于1,说明该时期淮河流域农业生产效率不仅没有明显改善,而且纯技术效率和规模效率有一定的下降趋势。该时期流域灌溉、育种、测土配方施肥技术的应用与推广对生产效率提升作用显著。

表2 2000~2011年淮河流域区域农业生产效率变化趋势

Table 2 Comparison of agriculture production efficiency variation trend in regions of the Huaihe river basin(2000-2011)

年份	淮河流域分省	综合效率变化	技术进步变化	纯技术效率变化	规模效率变化	全要素生产率变化
2000~2004年	江苏	1.001	0.987	1.000	1.001	0.988
	安徽	1.029	1.004	1.013	1.016	1.035
	山东	0.984	0.942	0.986	0.997	0.925
	河南	0.975	1.015	0.997	0.977	0.991
	全流域	0.995	0.989	0.999	0.996	0.984
2004~2008年	江苏	0.990	1.393	0.991	0.999	1.379
	安徽	0.994	1.158	1.000	0.994	1.152
	山东	0.998	1.675	1.011	0.985	1.671
	河南	0.979	1.191	0.969	1.010	1.165
	全流域	0.987	1.308	0.990	0.998	1.291
2008~2011年	江苏	1.003	1.313	1.007	0.996	1.318
	安徽	0.977	1.051	0.991	0.985	1.025
	山东	1.013	1.236	1.012	1.001	1.250
	河南	0.979	1.013	0.996	0.984	0.992
	全流域	0.990	1.125	1.000	0.990	1.113
2000~2011年	江苏	0.998	1.213	0.999	0.999	1.210
	安徽	0.999	1.068	1.001	0.998	1.066
	山东	0.997	1.248	1.003	0.994	1.244
	河南	0.976	1.069	0.987	0.990	1.043
	全流域	0.991	1.133	0.996	0.995	1.122

2) 2000~2004年,综合效率、技术效率、规模效率和生产率全部呈现出下降趋势,其中生产率下降最为显著。2000~2004年综合效率变化(0.995)、技术变化(0.989)、纯技术效率变化(0.999)、规模效率变化(0.996)和生产率变化(0.984)均小于1,呈现微弱的下降趋势,其中技术进步和生产率下降直接影响了综合效率下降。这一时期流域遭受较大的自然灾害,各地区盲目进行开发区建设,耕地乱征滥占,一定程度上削弱了流域农业生产能力,导致农作物产量连续下降。

3) 2004~2008年,综合效率、纯技术效率、规模效率呈下降趋势,技术效率和生产效率呈现改善趋势。综合效率变化(0.987)、纯技术效率变化(0.990)、规模效率变化(0.998)均小于1,技术变化(1.308)和生产率变化(1.291)均大于1,其中技术效率改善最为明显,呈现整体的上升趋势。这一时期流域内城市化和工业化速度进一步加快,在一定程度上影响流域农业综合效率的提升。

4) 2008~2011年,综合效率、规模效率和生产

率呈下降趋势,技术进步效率和生产效率呈现提高趋势。综合效率变化(0.990)和规模效率变化(0.990)均小于1,技术进步效率(1.125)和生产率变化(1.113)均大于1,而纯技术效率(1.000)呈现不变的趋势,规模效率的下降是综合效率下降的主要原因。

4.2 农业生产效率变化的空间特征

2000~2011年淮河流域农业生产效率变化在空间上呈现出以下趋势特征:

1) 2000~2011年,综合效率和规模效率整体呈下降,淮河流域西部地市下降最为显著,其次是东部和中部各地市,空间差异特征显著。流域东部综合效率下降主因是纯技术效率和规模效率的下降,流域中部综合效率下降归因于规模效率的降低。

2) 2000~2004年,淮河流域整体农业生产综合效率、生产率有较明显的提高。其中东部和中部地区两者均降低,西部地区综合效率呈现降低,生产率呈现微弱提升。东部综合效率的提高

得益于纯技术效率和规模效率的提升,生产效率的提高则得益于技术进步、纯技术效率和规模效率的共同提高;中部综合效率和生产效率的降低主要源于纯技术效率的降低;西部综合效率降低是纯技术效率和规模效率共同降低的结果。

3) 2004~2008年,东部山东和江苏的淮河流域综合效率略有下降,技术进步效率和生产效率则呈现提升,综合效率的下降归因于规模效率的小幅下降,生产力的提高则得益于技术进步。中西部安徽和河南综合效率呈现较为明显的下降,技术进步效率和生产效率呈现小幅提高。

4) 2008~2011年,流域东部综合效率明显的提升,以山东最为显著,其中综合效率、技术效率和生产率变化值分别达到1.013、1.236和1.250。相反中西部综合效率呈现降低趋势,其中安徽下降较为明显。东部地区农业生产效率提高主要归功于技术效率和生产效率的提高;中西部地区效率降低的主因是纯技术效率降低。

4.3 农业生产效率变化类型划分

依据计算结果,将2000~2011年流域35个地市农业综合生产效率变化态势划分为a型、b型、c型、d型和f型5种基本类型(表3)。

1) a类型2000~2011年综合效率变化值均为1,其曲线为一条水平直线,即效率变化随时间的

推移保持不变,表现为稳定状态,该类型主要集中在流域东部的淮安、盐城、扬州和淄博等12个地市,占全流域地市数量的34.29%。


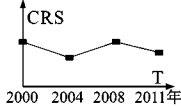
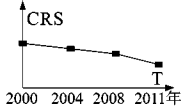


2) b类型综合效率变化呈现先降后增再降趋势,其曲线近似‘∞’型变化,即2000~2004年综合效率变化呈现降低趋势,2004~2008效率变化值呈上升趋势,2008~2011年又呈现下降趋势的特征。流域内该类型仅有周口和济宁2个地市,仅占全流域地市数量的5.71%。

3) 2000~2011年,c类型和d类型综合效率变化趋势正好相反值,即前者呈现逐年下降趋势,后者呈现逐年上升趋势,曲线近似‘K’字母变化。流域内c类型主要分布在流域西北部的郑州、许昌、商丘等地市,d类型主要分布在流域中部和北部的合肥、六安及枣庄等地市,两者分别占全流域地市数量的22.85%和17.14%。

4) e曲线类型综合效率变化呈现先升后降再上升趋势,曲线近似‘N’型变化,与b类型变化趋势正好相反,即综合效率变化值在2000~2004年呈现上升的改善趋势,2004~2008效率变化值降低趋势,2008~2011年又上升的改善趋势的特征。该类型地市主要分布在流域东中部的徐州、宿迁、日照和蚌埠等7个地市,占全流域地市数量的20%。

表3 2000~2011年淮河流域农业综合效率变化趋势类型划分

Table 3 Variation trend classification of agriculture comprehensive productivity in the Huaihe river basin(2000-2011)

类型	综合效率(CRS)变化示意	效率变化特征	比例(%)	流域内地市
a型		2000~2004年不变 2004~2008年不变 2008~2011年不变	34.29	淮安、盐城、扬州、泰州、亳州、宿州、 阜阳、滁州、淄博、泰安、洛阳、信阳
b型		2000~2004年下降 2004~2008年上升 2008~2011年下降	5.71	周口、济宁
c型		2000~2004年下降 2004~2008年下降 2008~2011年下降/上升	22.85	郑州、许昌、平顶山、淮北、 南通、开封、商丘、菏泽
d型		2000~2004年上升 2004~2008年上升 2008~2011年上升/下降	17.14	枣庄、合肥、漯河、六安、南阳、连云港
e型		2000~2004年上升 2004~2008年下降 2008~2011年上升/下降	20.00	徐州、淮南、宿迁、临沂、日照、 蚌埠、驻马店

5 结 论

通过对淮河流域 2000 以来的农业生产效率及其变动特征分析,得到以下结论:

1) 淮河流域作为中国粮食主要增产区,2000~2011 年农业生产效率普遍较高,流域内超过 34% 的地市农业生产综合效率、纯技术效率和规模效率连续达到最优,状态稳定。总效率分解分析发现规模效率对综合效率的影响大于技术效率,表明流域农业技术投入能力存在较大的提升空间。

2) 流域农业生产效率空间分析表明,农业生产效率总体呈现东部高于中部,中部高于西部的梯度空间格局特征。

3) 农业生产效率变化的时间分析表明:2000~2011 年综合效率纯技术效率和规模效率整体呈现微弱下降趋势,生产效率则呈现上升趋势。其中 2000~2004 年综合效率、生产率呈现下降趋势,技术退步较明显;而 2004~2011 年综合效率微弱下降,生产率、技术进步明显改善。

4) 农业生产效率变化空间分析表明:12 a 来流域空间上综合效率和规模效率表现出微弱的梯级递减差异,即流域西部地区下降较为显著,其次是东部和中部。技术效率和生产率呈现整体提高趋势,空间上东部提高最为明显,其次是中部和西部。

5) 通过综合效率变化情况,将流域 2000~2011 年农业效率变化划分为 5 种基本类型,其中综合效率持续不变的 a 类型地市最多,其次综合效率连续下降的 c 型,2 种类型地市占流域 57% 以上。

本研究采用 DEA 模型和 Malmquist 模型,对 21 世纪前 12 a 淮河流域农业生产效率及其时空变化进行了探究,其研究对流域农业持续健康发展具有一定的指导意义和实用价值。然而,实际情况中,流域农业生产还存在隐蔽的外部环境效应,如农业面源污染(水环境、大气环境)、对生物多样性的影响等。进一步研究如能考虑上述因素,应用价值将更高。

参考文献:

- [1] Viet-Ngu Hoang, Prasada Rao D S. Measuring and decomposing sustainable efficiency in agricultural production: Accumulative exergy balance approach[J]. *Ecological Economics*, 2010, **69**(9):1765-1776.
- [2] Nin A, Arndt C, Hertel T W, et al. Bridging the gap between partial and total factor productivity measures using directional distance functions[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2003, **85**(4):928-942.
- [3] Coelli T J, Prasada Rao D S. Total factor productivity growth in agriculture: A Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000[R]. International Association of Agricultural Economics (IAAE) Conference in Durban, 2003:16-22.
- [4] Julian M Alston, Philip G Pardey. Attribution and Other Problems in Assessing the Returns to Agricultural R&D[J]. *Agricultural Economics*, 2001, **25**(2-3):141-152.
- [5] Lin J Y. Rural reforms and agricultural growth in China[J]. *The American Economic Review*, 1992, **82**(1): 34-51.
- [6] Hirofumi Fukuyama, Author Vitaer. A Directional Slacks-based Measure of Technical Inefficiency[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2009, **43**(4):274-287.
- [7] Amy Lilienfeld, Mette Asmild. Estimation of excess water use in irrigated agriculture: A data envelopment analysis approach [J]. *Agricultural Water Management*, 2007, **94**(1-3):73-82.
- [8] Fan S G. Production and productivity growth in Chinese agriculture: New measurement and evidence[J]. *Food Policy*, 1997, **22**(3): 213-228.
- [9] Deng X P, Shan L, Zhang H, et al. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China[J]. *Agricultural Water Management*, 2006, **80**(1-3):23-40.
- [10] Colin Thirtle, Jenifer Piessec, Angela Lusigi, et al. Multi-factor agricultural productivity, efficiency and convergence in Botswana, 1981-1996[J]. *Journal of Development Economics*, 2003, **71**(2):605-624.
- [11] 吴小庆,王亚平,何丽基,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**(6):714-719.
- [12] Kalirajan, K P, Obwona MB, Zhao S. A decomposition of total factor productivity growth: The case of Chinese agricultural growth before and after reforms[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1996, **78**(2): 331-338.
- [13] Baiding Hua, Michael McAleer. Estimation of Chinese agricultural production efficiencies with panel data[J]. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2005, **68**(5-6):474-483.
- [14] 张永霞. 中国农业生产率测算及实证研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.6.
- [15] 王文刚, 李汝资, 宋玉祥, 等. 吉林省区域农地生产效率及其变动特征研究[J]. *地理科学*, 2012, **32**(2):225-231.
- [16] 秦 钟, 章家恩, 骆世明, 等. 基于 DEA 时间窗分析的广东省农业生产效率评价[J]. *中国生态农业学报*, 2011, **19**(6):1448-1454.
- [17] 高 强, 丁慧媛. 山东省现代化进程中农业生产效率测算与分析——基于 1993~2008 年数据的 DEA 模型实证分析[J]. *中国农学通报*, 2012, **28**(08):106-111.
- [18] 张濛文, 张富刚, 陈玉福. 基于 DEA 模型的江苏省 204 国道样带区农业生产效率评价[J]. *资源科学*, 2010, **32**(2):353-358.
- [19] Artur Granstedt. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the

- load to the environment-experience from Sweden and Finland [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, **80**(1-2): 169-185.
- [20] Wallace J S. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, **82**(1-3):105-119.
- [21] 曾国平,罗航艳,曹跃群.农业效率增进、技术进步区域差异及 TFP 分解[J].*重庆大学学报(社会科学版)*, 2012, **18** (4):1~8.
- [22] 河南省统计局.河南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [23] 江苏省统计局.江苏省农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [24] 山东省统计局.山东统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [25] 安徽省统计局.安徽统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [26] 中国国家统计局.中国县(市)社会经济统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011.
- [27] 淮河水利委员会.淮河区片水资源公报.[EB/OL].<http://sub.hrc.gov.cn/hhsbj/www/index.asp>, 2010-12-25
- [28] 中国环境保护部.重点流域水污染防治规划(2011-2015 年)[R].北京:环境保护部,2012.
- [29] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.全国新增 1000 亿斤粮食生产能力规划(2009~2020)[R].北京:环国家发展和改革委员会,2009.
- [30] 宋吉涛,宋吉强,宋敦江.城市土地利用结构相对效率的判别性分析[J].*中国土地科学*, 2006, **20**(6):9~15.
- [31] 魏权龄.数据包络分析(DEA)[J].*科学通报*, 2000, **45**(17):1793~1808.
- [32] 刘建国,李国平,张军涛.中国经济效率和全要素生产率的空间分异及其影响[J].*地理学报*.2012, **67**(8):1069~1084.

Spatial-Temporal Variation of Agriculture Production Efficiency Under the Background of Grain Production Increase in the Huaihe River Basin

ZHOU Liang¹, XU Jian-gang², ZHANG Ming-dou³, JIANG Jin-liang¹, SUN Dong-qi¹

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China;

2. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China; 3. Public

Administration College, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian, Liaoning 116023, China)

Abstract: Under the background of grain production increase in basin and the restriction of water environment. DEA model, Malmquist productivity index and GIS spatial analysis methods were used to analyze the agriculture production efficiency and its temporal and spatial variation characteristic in 35 prefectures of Huaihe River basin from 2000 to 2011. The results demonstrated: 1) The agricultural production efficiency was generally higher in the Huaihe River Basin in 2000 to 2011. Although the technical efficiency played a positive role in increasing the basin comprehensive efficiency, there was a slight decrease in the scale efficiency which decides the optimal comprehensive efficiency; 2) Spatial analysis of agricultural production efficiency showed the spatial gradient of the distribution of production efficiency in this basin. Production efficiency in the east was higher than that in the middle part while the efficiency in the middle part was higher than that in the west; 3) The spatial-temporal variation patterns of agricultural production efficiency showed that from 2000 to 2011, both the comprehensive and scale efficiency had a slight decreasing trend in this basin, especially in the west of basin, while the technical efficiency and productivity had an increasing trend, especially in the east; 4) According to the calculation result of the comprehensive efficiency and temporal variation characteristic, the variation of agricultural production efficiency was divided into five basic types. Most prefectures were “A” type whose comprehensive efficiency remained steady, and the “A” type was also the main type of agricultural production efficiency variation in this basin

Key words: agriculture; production efficiency; DEA Model; spatial-temporal variation; the Huaihe River Basin