

2003 – 2016 年湖北省农业用水效率测算及时空差异

赵丽平^{1,2}, 李登娟³, 侯德林⁴, 李军利³

(1. 中南民族大学 经济学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中南财经政法大学 应用经济学博士后流动站, 湖北 武汉 430073; 3. 湖北经济学院 碳排放权交易协同中心, 湖北 武汉 430205; 4. 武汉纺织大学 管理学院, 湖北 武汉 430200)

摘要: 采用数据包络分析模型对 2003 – 2016 年湖北省 16 个市(州)农业用水效率进行了测度,并进一步从投入产出冗余率视角对农业用水效率的损失原因进行了分析,在此基础上对湖北省农业用水效率的时空差异进行了分析。结果表明:从时间上来看,湖北省 2003 – 2016 年农业用水效率平均值为 0.45,总体水平较低,但呈波动上升趋势,农业劳动力、用水和农作物播种面积等基本要素投入冗余率呈下降趋势,化肥和农业机械等则呈上升趋势;从空间上来看,湖北省各地区农业用水效率的排序为鄂西 > 鄂东 > 鄂中。从投入和产出冗余率来看,鄂东地区农业用水效率损失的主要原因是农业用水和劳动力投入过量,鄂中和鄂西地区则分别是因为农业用水和农业劳动力投入过量。

关键词: 农业用水效率; 冗余率; 时空差异; 数据包络分析模型; 湖北省

中图分类号: TV93; S27

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2020)05-0240-08

Tempo-spatial variations of agricultural water use efficiency measurements in Hubei Province from 2003 to 2016

ZHAO Liping^{1,2}, LI Dengjuan³, HOU Delin⁴, LI Junli³

(1. School of Economics, South-central University for Nationalities, Wuhan 430074, China; 2. Postdoctoral Research Station of Applied Economics, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China; 3. Center of Hubei Cooperative Innovation for Carbon Emissions Trading System, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China; 4. School of Management, Wuhan Textile University, Wuhan 430200, China)

Abstract: Data envelopment analysis (DEA) model was used to measure the agricultural water use efficiency of 16 cities (prefectures) in Hubei Province from 2003 to 2016, and analyze the reasons for the loss of agricultural water use efficiency from the perspective of output redundancy. Based on the analysis the temporal and spatial variations of agricultural water use efficiency in Hubei Province were discussed. The results showed that the average value of agricultural water use efficiency in Hubei Province from 2003 to 2016 was 0.45, the overall level of agricultural water use efficiency was relatively low, but it showed a fluctuating upward trend with decreasing input redundancy rates of basic factors such as agricultural labor force, water use and crop sowing area, but increasing input of agricultural chemical products such as fertilizers and agricultural machinery from the temporal perspective. Spatially, the order of agricultural water use efficiency in Hubei Province was western Hubei > eastern Hubei > central Hubei. From the perspective of input and output redundancy, the main reason for the loss of agricultural water use efficiency in eastern Hubei was the excessive use of agricultural water and labor. In the central and western Hubei, it was mainly due to excessive input of agricultural water and labor respectively.

收稿日期: 2019-12-17; 修回日期: 2020-05-24

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(71803040); 湖北省科技支撑软科学研究项目(2018ADC033); 教育部人文青年项目(19YJC790093); 湖北省教育厅科研计划项目(Q20182203); 湖北省教育厅社会科学项目(18Q130); 中国博士后科学基金项目(2019M652511); 湖北省省级人文社会科学课题(799905)

作者简介: 赵丽平(1984-), 女, 湖北荆门人, 博士, 副教授, 主要从事农业资源保护开发与粮食安全研究。

通讯作者: 侯德林(1981-), 男, 湖南郴州人, 博士, 副教授, 主要从事用户行为研究。

Key words: agricultural water use efficiency; redundancy rate; temporal and spatial difference; data envelopment analysis (DEA) model; Hubei Province

1 研究背景

湖北省地处长江流域中心位置,是个农业大省,同时也是水资源大省。在湖北省各类用水中,农业用水和消耗用水所占比例最大,根据2016年《湖北省水资源发展报告》,2016年湖北省农业用水占全省总用水量的47.4%,农业消耗用水占全省用水消耗总量的63.2%。

同时,随着湖北省城市化和工业化的发展,工业用水和农业用水竞争激烈,农业用水还存在利用粗放、严重浪费和面源污染等问题,从而导致农业水资源日益紧张。根据《2016年湖北省农田灌溉有效利用系数测算分析成果报告》,湖北省2016年农田灌溉水平有效利用系数仅为0.50,其中,大型农田灌溉水有效利用系数为0.49,低于平均水平。

在湖北省农业用水形势如此严峻的背景下,加强水资源管理,提高农业用水效率是确保经济社会可持续发展的必由之路。而湖北省及各市(州)的农业用水效率在不同时间段的变化趋势如何?各市(州)的农业用水效率是否存在差异?湖北省鄂东丘陵地区、鄂中平原地区和鄂西山区等3大区域的农业用水效率又有何差异?本文对这些问题展开研究分析,以期提高湖北省农业用水效率,推动湖北省农业用水方式从粗放型向集约型转变,促进湖北省农业用水高质量发展。

目前国内不少学者对农业用水效率进行了研究,主要集中在以下几个方面:(1)对于农业用水效率的测度。Geng等^[1]基于数据包络分析方法对中国2003-2013年31个省市(未包含港澳台地区)的相对农业用水效率进行了评估,研究表明,2008年以后的中国农业用水效率明显改善;耿献辉等^[2]基于随机前沿生产函数的研究表明,农业灌溉用水效率与棉花技术效率具有较高相关性,提高灌溉用水价格有利于灌溉用水效率的提高;佟金萍等^[3]基于超效率DEA的测算结果表明,1998-2011年长江流域的农业用水效率呈波段式上升趋势,且各流域段农业用水效率呈现出差异性:下游>上游>中游;孙付华等^[4]基于三阶段DEA-Malmquist指数测算2011-2015年未包含港澳台地区的31个省市农业水资源利用效率并分析其在时空上的异质性,结果显示水资源禀赋、经济水平、有效灌溉面积与农业用水冗余值成正相关,政府农林牧渔业财政支出

与农业用水冗余值成负相关。(2)对农业用水效率影响因素的分析。农业用水效率的影响因素主要有水资源稀缺度^[5]、技术进步^[6]、用水价格^[7]、经济支持^[8]、从业人员受教育水平^[9]、农业现代化水平^[10]等。(3)提高农业用水效率的对策。多数研究成果表明,优化节水灌溉技术和加强基础水利设施建设是提高农业水资源利用效率的关键^[6],也有学者认为应该因地制宜,根据不同的区域制定差异化农业用水效率提升对策^[11-12],还有学者提出引入水权市场机制,按照市场水资源供需状况决定水价,提高农民节水意识^[13]。杨骞等^[14]认为加强跨区域间合作交流,因地制宜调整农业发展布局,也有助于提升农业用水效率。

综上所述,学者们已在农业用水效率测度、农业用水效率的影响因素和提高农业用水效率的对策方面进行了较为详尽的研究,为后续研究奠定了良好的基础。但还存在以下不足:(1)研究层面上,既有学者主要从全国或区域层面对农业用水效率进行研究,鲜有学者从省际层面研究各个市(州)的农业用水效率。(2)研究内容上,既有研究主要是对农业用水效率进行测度,并在此基础上进行比较分析,鲜有学者测算农业用水效率的冗余率,分析农业用水效率损失的原因。

在既有研究成果的基础上,本研究运用数据包络分析方法从省际层面对湖北省2003-2016年各市(州)的农业用水效率进行了测度,并进一步运用投入产出冗余率对农业用水效率损失的原因进行了分析,而且将湖北省划分为鄂东丘陵地区、鄂中平原地区和鄂西山区3大区域,分别从时间和空间的角度分析了湖北省农业用水效率和投入产出冗余率的时间差异和空间差异,以期提升湖北省各区域农业用水效率、促进农业水资源的集约利用提供现实的参考和决策依据。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究方法

本研究采用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)对湖北省农业用水效率进行测算。数据包络分析方法是运筹学、数学、数理经济学和管理科学交叉研究的一个新领域,1978年由美国运筹学家Charnes等^[15]提出。该方法的核心思想是在保持决策单元(decision making units, DMU)的输入或者

输出不变的条件下,借助数学规划和数学统计方法确定一种最小投入或最大产出边界,即相对有效的生产前沿面,并通过比较各个决策单元偏离 DEA 生产前沿面的程度来对被评价决策单元的相对有效性进行综合绩效评价。DEA 方法有多种模型,主要有规模报酬可变模型(VRS)和规模报酬不变模型(CRS),规模报酬可变模型(VRS)一般适用于微观层面的研究,而规模报酬不变模型(CRS)更适用于宏观层面的研究^[16]。

农业生产极大程度上依赖于自然条件,而湖北省水资源、耕地资源等自然资源日益紧张,且农业生产所需的自然资源短时内难以实现大规模的同比例增减。因此,本研究采取投入导向的规模报酬不变模型(CRS),对湖北省 16 个市(州)农业用水效率进行测算。将湖北省 16 个(市、州)作为决策单元 $DUW_j (j = 1, 2, 3, \dots)$, 每个 DUW_j 有 k 种投入 $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, k)$ 和 l 种产出 $y_{rj} (r = 1, 2, \dots, l)$, 则 CRS 表达式如下:

$$\begin{cases} \max_{\varphi, \lambda} \theta \\ \text{s. t.} & \sum_{j=1}^{16} \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, k) \\ & y_{rj} \leq \sum_{j=1}^{16} \lambda_j y_{rj} \quad (r = 1, 2, \dots, l) \\ & \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, 16) \\ & \sum_{j=1}^{16} \lambda_j = 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中: λ_j 为第 k 项投入和第 l 项产出的加权系数; θ 为技术效率值 ($0 \leq \theta \leq 1$), 当 $\theta = 1$ 时, 技术效率达到最大值, 表示决策单元处于生产前沿上, 为技术有效状态。

基于 CRS 假设下的农业用水投入的数据包络模型解释如图 1 所示, 图 1 中 X_1 和 X_2 分别为投入 1 和投入 2, Y 为产出; 横轴和纵轴均为单位产出的投入, 其值越小越好; EE' 为效率前沿面; OA'/OA 和 OB'/OB 分别为 A 点和 B 点的效率; C 点和 D 点在生产前沿面上表示这两点是有效率的; A 点和 B 点表示效率损失, A 点的效率损失由两部分组成, 即 $AC = AA' + A'C$, 其中 AA' 为技术无效率导致的效率损失, $A'C$ 为要素配置扭曲导致的效率损失, 当 $AC = 0$ 时, 农业用水效率为 1, 表示 A 点位于生产前沿面上, 达到最高效率。

由于投入要素冗余会导致要素配置扭曲, 而要素配置扭曲也是效率损失的重要原因, 因此本研究从投入要素的冗余率视角来对农业用水效率损失的

原因进行解释。农业用水效率根据投入产出指标来计算, 农业用水效率损失与各个指标密切相关, 各指标的投入冗余值越大, 则农业用水效率损失与该指标的相关性越大, 因此可以用单一指标的投入冗余值来对农业用水效率损失的原因进行分析, 本文农业用水效率值和投入冗余值采用 MaxDEA7.3 Ultra (4-core) 软件进行测算。

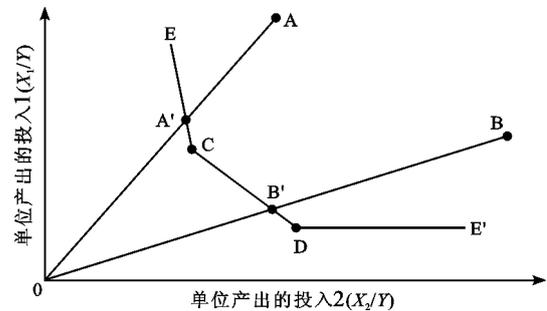


图 1 CRS 假设下的农业用水投入数据包络模型解释

2.2 数据来源与指标选取

2.2.1 研究区域及数据来源

湖北省农业发展历史悠久, 是我国重要的农业大省, 由武汉、黄石、襄阳、荆州、宜昌、十堰、孝感、荆门、鄂州、黄冈、咸宁、随州、潜江、仙桃、天门市、恩施土家族苗族自治州等 16 个市(州)和 1 个神农架林区组成, 由于神农架林区特殊的自然资源禀赋和生产力, 所以研究样本暂不考虑神农架林区。

本研究以除神农架林区以外的湖北省各市(州)为研究区域, 建立 2003 - 2016 年湖北省 16 个市(州)的面板数据。农业相关投入产出数据来自《湖北农村统计年鉴》(2004 - 2017 年), 各市(州)农业用水相关数据来自《湖北省水资源公报》(2003 - 2016 年)。

2.2.2 指标选取

在农业用水效率测算模型中, 本研究选取农业用水投入、农业劳动力投入、农业土地投入、农业机械投入、农业化肥投入作为投入指标, 以农业总产值作为产出指标。关于投入指标, 农业水资源投入以各市(州)农业用水量表示; 劳动力投入以各地区农林牧渔业的从业人员数量表示; 土地投入以各市(州)农业播种面积表示; 农业资本投入用农业机械和化肥投入表示, 其中农业机械用农业机械总动力表示, 农业化肥投入用按折纯量计算的化肥施用量表示, 化肥具体是指氮肥、磷肥、钾肥和复合肥。关于产出指标, 用农林牧副渔总产值表示, 按照 1995 年基准价格对农林牧副渔总产值进行平减。选取的农业用水效率测算指标如表 1 所示。

表 1 选取的农业用水效率测算指标

指标类别	指标名称
投入指标	农业用水量/ 10^8 m^3
	农业劳动力投入/ 10^4 人
	农作物播种面积/ hm^2
	化肥施用量/t
产出指标	农业机械总动力/kW
	农林牧渔业产值/ 10^4 元

3 湖北省农业用水效率的时间差异分析

3.1 湖北省及 3 大区域农业用水效率的时间差异分析

湖北省地形复杂多样,受水汽来向和地形因素影响,湖北省水资源空间分布不均。本研究基于地理特征和行政区划,将湖北省划分为 3 大区域。即鄂东丘陵地区(包括黄石、黄冈、鄂州、咸宁 4 个市)、鄂中平原地区(包括武汉、孝感、仙桃、天门、潜江、荆门、荆州 7 个市)和鄂西山区(包括恩施、十堰、襄阳、宜昌、随州 5 个市(州))。

湖北省及 3 大区域 2003 - 2016 年农业用水效率变化趋势如图 2 所示。由图 2 可看出,在研究期内,湖北省农业用水效率总体上呈增长趋势,从 2003 年的 0.14 增大到 2016 年的 0.75。其增长速度在不同的阶段有所波动,2003 - 2007 年湖北省农业用水效率从 0.14 增大到 0.41,增长速度较快,2007 - 2013 年从 0.41 增大到 0.58,增长速度较为平缓,2013 - 2016 年从 0.58 增加到 0.75,增长速率略低于 2003 - 2007 年。3 大区域农业用水效率在研究期内也呈增长趋势,其增长幅度排序为鄂西 > 鄂东 > 鄂中。研究期内鄂西山区的农业用水效率整体处于较高水平,从 2003 年的 0.15 增大到 2016 年的 0.83,鄂东地区的农业用水效率从 2003 年的 0.13 增大到 2016 年的 0.79,鄂中平原地区的农业用水效率绝大部分年份均低于其

他两个地区,但总体上处于较为平缓的上升状态,从 2003 年的 0.13 增大到 2016 年的 0.67。呈现出区域差异的原因可能是:鄂西山区多山地丘陵,地形高低落差大,生物资源丰富,因此农业水资源利用水平较高;鄂东丘陵地区虽然水热资源丰富,耕种条件好,耕作历史悠久,但相关学者的研究表明,该地区水利建设不足,多采用大水漫灌,引水渠利用率低下^[17],因此农业用水效率不高;鄂中平原地区面积广阔,地势平坦,农业水土资源丰富,是湖北省最主要的产粮区,但由于缺少有效的农业用水管理政策,从而导致农业用水效率低下。

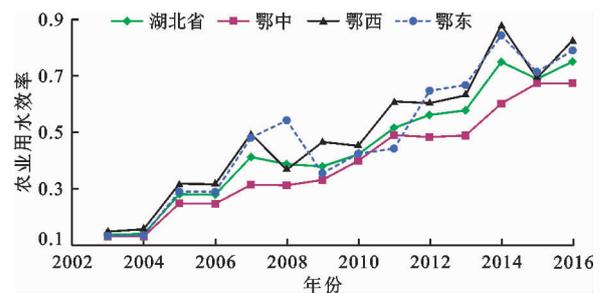


图 2 2003 - 2016 年湖北省及三大区域农业用水效率变化趋势

3.2 湖北省农业用水效率投入和产出冗余率的时间差异分析

为了进一步分析农业用水效率损失的原因,本研究将 2003 - 2016 年湖北省各市(州)各投入要素松弛量除以对应的投入指标值得出投入冗余率,将产出要素农林牧渔业产值松弛量除以相应的农林牧渔业产值得出农业产出冗余率。经计算得到的 2003 - 2016 年湖北省农业用水效率各投入和产出指标的冗余率变化趋势见图 3, 2003 - 2016 年湖北省农业用水效率各投入和产出指标的冗余率平均值见图 4。本研究中的农业用水效率损失是指在现有技术水平下,利用现有各投入要素所达到的效率值和最优效率值之间的差距,差距越大表示农业用水效率损失越大。

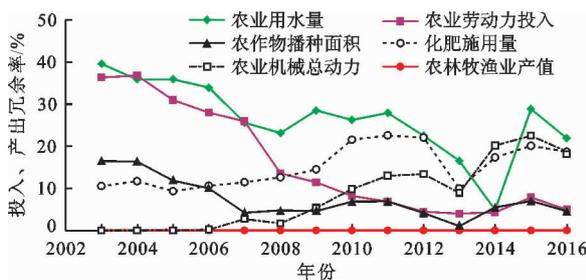


图 3 2003 - 2016 年湖北省农业用水效率各投入和产出指标的冗余率变化趋势

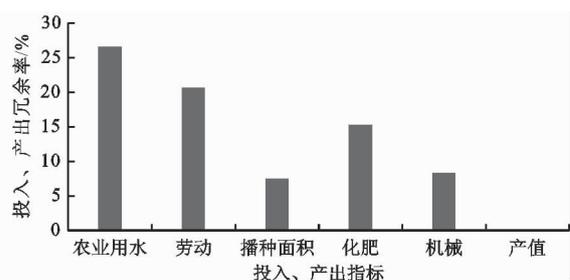


图 4 2003 - 2016 年湖北省农业用水效率各投入和产出指标的冗余率平均值

由图3可知,2003-2016年湖北省产出指标农林牧渔业产值的冗余率均为零,投入要素均存在冗余,这说明农业产值不足并不是湖北省农业用水效率损失的原因,农业生产投入是农业用水效率损失的主要因素;从各投入指标来看,2003-2016年化肥施用量投入冗余率和农业机械总动力投入冗余率总体上呈现上升趋势,农业用水量、农业劳动力投入和农作物播种面积投入冗余率整体上均呈下降趋势,这说明近年来湖北省大力进行农田水利设施建设,改善了农业基础设施状况,农业从业人口结构更加合理,农业土地投入也更加集约化,提高了农业水资源的利用率。

由图4可知,2003-2016年农业用水量、农业劳动力投入、农作物播种面积、化肥施用量和农业机械总动力的投入冗余率平均值分别为27.00%、20.64%、7.45%、15.20%、8.27%。表明在研究期从整体层面上看,农业用水投入过量是导致农业用水效率损失的第一大原因,说明湖北省农业生产中还存在较大的水资源浪费;农业劳动力投入过量是导致农业用水效率损失的第二大原因,说明农村存在大量剩余劳动力,劳动力科学转移能够提高农业用水效率;化肥投入过量是导致农业用水效率损失的第三大原因,过量使用化肥导致农业投入过大,农民增产不增收,且造成环境污染,耕地质量下降,高强度的化肥投入导致土壤性状恶化,农产品质量下降;农作物播种面积和农业机械总动力投入也导致农业用水效率在一定程度上的损失,但总体上投入冗余率不高,说明湖北省农业土地投入、农业机械投入利用较为合理,农业现代化水平有所提高。

4 湖北省农业用水效率的空间差异分析

4.1 湖北省各市(州)农业用水效率的空间差异分析

2003-2016年湖北省各市(州)农业用水效率平均值如图5所示。从整体上看,武汉、宜昌、鄂州、黄冈和恩施农业用水效率均在0.5以上,特别是恩施达到了0.69;黄石、十堰、襄阳、荆门、孝感和潜江的农业用水效率均大于0.4;荆州、咸宁、随州、仙桃和天门农业用水效率均小于0.4,天门更是以0.27居于末位。恩施和宜昌位于西部山区,具有地区独特的自然资源禀赋,总体农业用水效率水平在湖北省各市(州)居于领先地位;天门和荆州位于鄂中平原地区,该区域虽然农业自然资源丰富,但由于缺乏科学的用水管理政策和节水灌溉技术,总体农业用水利用效率在湖北省各市(州)处于最后两位。总

的来说,湖北省各市(州)农业用水效率空间差异较大,这与各地区自然地理因素、交通和科技等社会经济因素密切相关。

4.2 湖北省三大区域农业用水效率的空间差异分析

图6为2003-2016年湖北省各市(州)不同时间段平均农业用水效率,以下按鄂东丘陵地区、鄂中平原地区和鄂西山区3个区域对其农业用水效率的空间差异进行分析。

4.2.1 鄂东丘陵地区农业用水效率分析 鄂东丘陵地区位于湖北省东部边缘,范围较小,经济薄弱,农业资金缺口较大,基础设施不足。近年来随着国家对中部地区的政策倾斜,鄂东地区抓住发展时机,发挥自身区位优势,农业用水效率也有所提高。由图6可看出,2003-2005年除黄石之外,黄冈、鄂州、咸宁的农业用水效率均小于0.2;2006-2008年黄冈、鄂州农业用水效率大于0.4,而黄石、咸宁大于0.2,但小于0.4;2009-2012年除咸宁外,农业用水效率均大于0.4;2013-2016年黄冈、鄂州农业用水效率达到了0.8以上的水平,黄石、咸宁也均在0.4以上。总的来说,研究期内鄂东地区4个城市的农业用水效率均在提高,特别是黄冈、鄂州提升程度较大,而黄石提升幅度相对较小。黄冈是一个农业人口大市,经济发展依赖于水资源,提升农业用水效率对黄冈意义重大,近年来黄冈市积极开展农业水价改革工作,完善水资源管理法律政策,政府与市场共同配置资源,有效地提升了农业用水效率;咸宁市临近省会武汉,区位条件优良,致力于打造节水型社会;鄂州位于武汉城市圈中心位置,合理利用当地区位优势,促进资源优势向经济优势转化,近些年农业生产呈现良好态势;黄石市近年来因受产业转型升级影响,经济发展动力不足,基础设施、基层服务体系资金不到位,缺乏规模经济,缺少龙头企业带动。

4.2.2 鄂中平原地区农业用水效率分析 鄂中平原地区是湖北省重要的粮、棉、渔生产基地,生物资源丰富,水资源在粮食生产中的投入产出水平很高。如图6所示,2003-2005年鄂中地区除了孝感农业用水效率大于0.2,武汉、仙桃、天门、潜江、荆门、荆州6个市均小于0.2;2006-2008年除天门农业用水效率小于0.2,其他6个市均大于0.2;2009-2012年除天门、荆州外,其他5个市农业用水效率均大于0.4;2013-2016年武汉农业用水效率大于0.8,孝感、荆门、潜江农业用水效率均大于0.6。武汉作为湖北省的省会城市,长期以来都是全省的经济、文化中心,人才队伍庞大,产业结构完善,经济基

础良好,水运陆运条件发达,素有“九省通衢”之称,又以长江经济带开发为契机,积极创设具有鲜明产业特色、布局合理、生态环保的集多功能于一体的现代化农业产业体系,利用科技创新促进农业现代化发展,从广种薄收到集约经营,极大地提升了武汉农业发展竞争力。荆州、潜江、仙桃、天门和荆门地处江汉平原地区,该地区地势平坦,土壤沃腴,受气候因素影响,光热水条件好,农业资源具有明显优势,是全省重要的粮食作物生产基地,农业水利利用效率尚可。但该地区农田水利工程滞后,缺乏合理高效的用水政策机制,由于水资源禀赋丰富,农民水资源节约意识不强,农业用水大多采取传统漫灌的方式,严重制约农业发展。

4.2.3 鄂西山区农业用水效率分析 鄂西山区地形多样,有利于多种作物生长,水资源贮藏量丰富,但区域内耕地质量低,生态系统脆弱,自然灾害频发,一定程度上制约了经济的发展。由图 6 可见,位于西北部的恩施州、宜昌市农业用水效率较高,研究期内农业用水效率保持较高的增长速度。2003 - 2005 年除了恩施农业用水效率大于 0.2,十堰、襄阳、宜昌、随州 4 个市农业用水效率均小于 0.2; 2006 - 2008 年除恩施农业用水效率大于 0.6,其他 4 个市农业用水效率均大于 0.2,但小于 0.4; 2009 - 2012 年恩施、宜昌农业用水效率大于 0.6; 2013 -

2016 年恩施、宜昌农业用水效率大于 0.8,十堰、襄阳农业用水效率大于 0.6,随州农业用水效率仅大于 0.4。恩施州有效利用当地资源,因地制宜发展农业与旅游业结合的观光园、生态采摘园,修建梯田,调整种植结构,有效地提高了用水效率和农业生产总值,但该地区交通不便,阻碍了经济发展。自三峡大坝建成投产以来,宜昌当地迎来了巨大的发展机遇和政策优惠,农业经济有了巨大飞跃;近年来十堰以生态农业观光园发展生态农业,提升了水资源利用效率,促进了经济发展;近年来襄阳以生态经济为契机,发展绿色农业,一方面面向国内市场,另一方面积极开拓国际市场;随州最大的发展优势在于交通网络发达,是湖北省对外联系的“北大门”,但其农村产业结构不合理,在发挥区域优势、优化农产品布局和发展特色经济方面还有提高的空间。

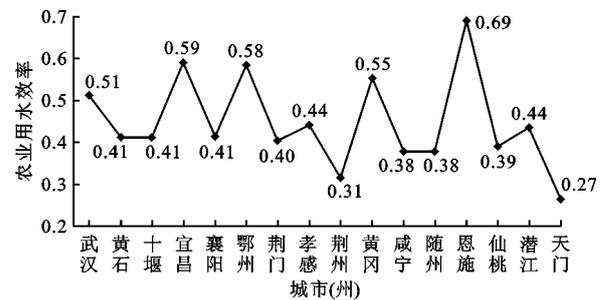


图 5 2003 - 2016 年湖北省各市(州)农业用水效率平均值

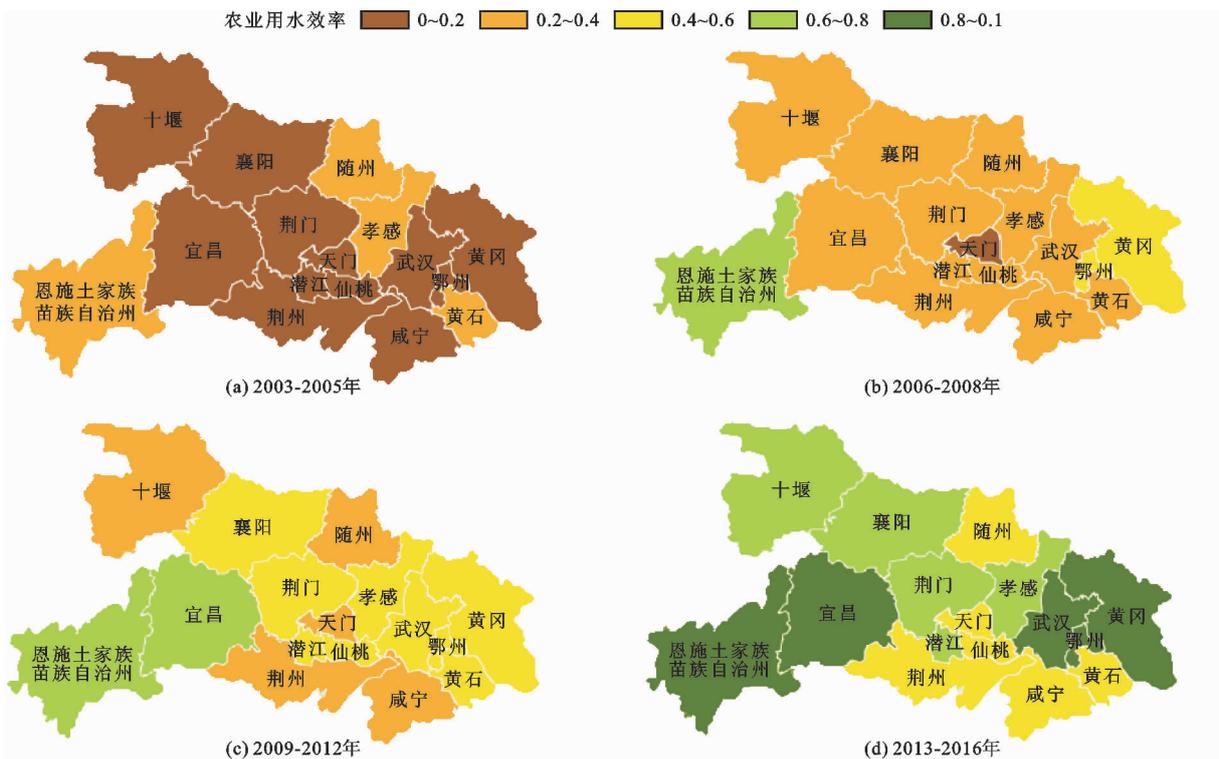


图 6 2003 - 2016 年湖北省各市(州)不同时间段平均农业用水效率

4.3 湖北省三大区域农业用水效率投入和产出冗余率的空间分析

2003-2016年湖北省各市(州)农业用水效率的投入和产出冗余率见图7。由图7可知,各市(州)的产出冗余率均为零,而不同地区农业用水效率投入冗余率有所差异,效率损失的主要原因有所不同。下面根据图7从鄂东丘陵地区、鄂中平原地区和鄂西山区等3个区域分别进行分析。

从鄂东丘陵地区来看,黄石、黄冈、鄂州、咸宁等4市农业用水量、农业劳动投入冗余率都很高,说明鄂东丘陵地区农业用水效率损失的主要原因为农业用水投入过度和农业劳动力过剩。

从鄂中平原地区来看,总体农业用水投入冗余率都很高,存在一定的农业水资源浪费。具体来看,武汉、孝感、仙桃和荆门市的农业用水量和农业劳动力投入冗余率较高,说明该4市农业用水效率

损失的主要原因为农业用水和劳动力投入过量;天门、潜江和荆门等3市农业用水量、农业化肥和农业机械投入冗余率较高,说明该3市农业用水效率损失的主要原因为农业用水和化肥利用较为粗放、机械投入过多,也从侧面反映了该3市的农业面源污染较严重,农业生态环境需要改善。

从鄂西山区来看,总体农业劳动投入冗余率都很高,存在一定的农业剩余劳动力。具体来看,恩施和十堰市(州)的农业劳动力、农业播种面积投入冗余率较高,说明这两市(州)的农业用水效率损失的主要原因为劳动力过剩和耕地利用粗放;宜昌和随州市农业劳动力和化肥投入冗余率较高,说明这两市的劳动力和化肥投入过量;襄阳市的化肥和农业机械投入冗余率较高,特别是化肥投入的冗余率远高于西部其他市(州),说明襄阳市的农业生态环境亟待改善。

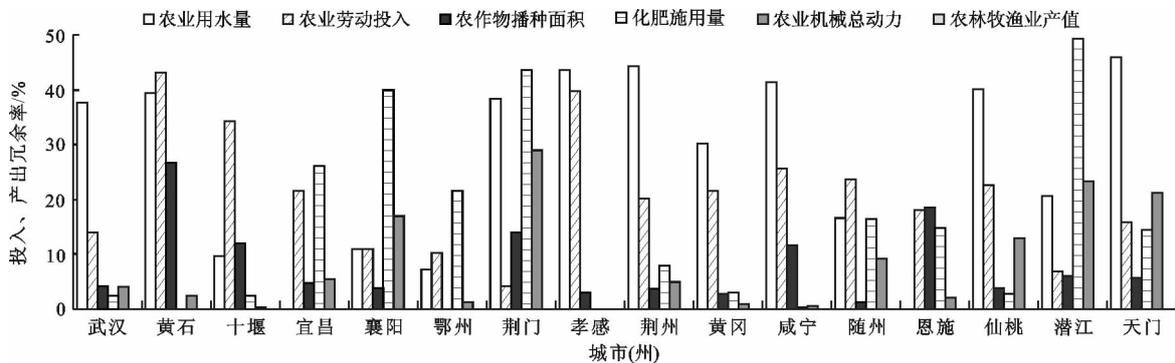


图7 2003-2016年湖北省各市(州)农业用水效率的投入和产出冗余率

5 结论与建议

5.1 主要结论

本研究运用数据包络分析模型对2003-2016年湖北省16个市(州)的农业用水效率进行了测度,并在农业用水效率投入和产出冗余率计算的基础上对农业用水效率损失的原因进行了分析,在此基础上进一步对湖北省农业用水效率和投入产出冗余率的时间差异和空间差异进行了分析,主要研究结论如下:

(1)从时间上看,湖北省总体农业用水效率水平不高,2003-2016年农业用水效率平均值为0.45,但呈波动上升趋势,其增长速度在不同的阶段有所不同。2003-2007年湖北省农业用水效率增长速度较快,2013-2016年增长速度略低于2003-2007年,2007-2013年增长速度较为平缓,在未来湖北省农业用水效率仍有较大的提升空间。从投入

和产出冗余率来看,湖北省总体农业劳动力、农业用水量和农作物播种面积投入冗余率呈下降趋势,但化肥和农业机械投入冗余率呈上升趋势,说明农业基本要素投入结构趋于合理,但农业化学用品要素投入过量。

(2)从空间上看,湖北省农业用水效率存在较为明显的区域差异。总体而言,湖北省各地区农业用水效率较低。分区域而言,农业用水效率的排序为:鄂西山区>鄂东丘陵地区>鄂中平原地区。具体而言,处于西部山区的恩施和宜昌市的农业用水效率较高;处于鄂中平原地区的武汉市农业用水效率相对较高,而荆州、天门市农业用水效率过低。从农业用水效率的投入和产出冗余率来看,鄂东丘陵地区农业用水效率损失的主要原因是农业用水和农业劳动力投入过量,鄂中平原地区主要是因为农业用水投入过量,鄂西山区主要是因为农业劳动力投入过量。

5.2 政策建议

在城镇化和农业现代化进程中,农业用水为农业生产必不可少的要素,提高农业用水效率对推进农业高质量发展非常重要,基于此本研究提出以下政策建议:

(1)积极贯彻农业部的化肥农药使用量零增长行动,减少湖北省的农业化学品投入量。首先,加大对化肥农药投入过量危害的宣传,增强农民的环保意识;其次,科研机构要加强对有机化肥和生态农药的研发,大力推广有机肥和生态农药;再次,继续推进测土配方施肥和秸秆还田技术,减少盲目施肥造成的水土资源污染和浪费,并增加土壤中的有机质。

(2)根据湖北省的水资源状况差异,因地制宜地出台政策,提高水资源利用效率。针对鄂东和鄂西农业劳动力过剩的问题,要合理转移农业剩余劳动力,提高农业用水效率,以防出现农业生产的“内卷化”,针对鄂东和鄂中地区农业用水投入过量的问题,要出台相应政策,合理调整农作物种植结构和粮食复种指数,大力推广旱作农业技术,以玉米、马铃薯、棉花等作物为重点,协调规划农业用水投入。

(3)大力推广农业节水技术,完善湖北省农业水利基础设施,促进湖北省水资源的高效利用。地方政府要发挥主导作用,给予科研机构和科研人员足够的资金支持,积极开展创新技术交流;从农村实际情况出发,完善基本水利建设项目,加强水利工程防旱、排涝、引水灌溉的功能,缓解区域间水资源供需矛盾。

参考文献:

[1] GENG Qingling, REN Qingfu, NOLAN R H, et al. Assessing China's agricultural water use efficiency in a green - blue water perspective: A study based on data envelopment analysis [J]. *Ecological Indicators*, 2019, 96: 329 - 335.

[2] 耿献辉,张晓恒,宋玉兰. 农业灌溉用水效率及其影响因素实证分析:基于随机前沿生产函数和新疆棉农调研数据[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(6): 934 - 943.

[3] 佟金萍,马剑锋,王慧敏,等. 农业用水效率与技术进步:基于中国农业面板数据的实证研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(9): 1765 - 1772.

[4] 孙付华,陈汝佳,张兆方. 基于三阶段 DEA - Malmquist 区域农业水资源利用效率评价[J]. *水利经济*, 2019, 37(2): 53 - 58 + 78 + 87 - 88.

[5] VARGHESE S K, VEETIL P C, SPEELMAN S, et al. Estimating the causal effect of water scarcity on the ground-water use efficiency of rice farming in South India [J]. *Ecological Economics*, 2013, 86: 55 - 64.

[6] 赵丽平,侯德林,闵锐. 城镇化对农户粮食生产技术效率的影响:以湖南、河南两省 477 个农户为例[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(4): 148 - 156.

[7] VEETIL P C, SPEELMAN S, VAN HUYLENBROECK G. Estimating the impact of water pricing on water use efficiency in semi-arid cropping system: An application of probabilistically constrained nonparametric efficiency analysis [J]. *Water Resources Management*, 2013, 27(1): 55 - 73.

[8] MU Lan, FANG Lan, WANG Hao, et al. Exploring Northwest China's agricultural water-saving strategy: Analysis of water use efficiency based on an SE - DEA model conducted in Xi'an, Shaanxi Province [J]. *Water Science and Technology*, 2016, 74(5): 1106 - 1115.

[9] WANG Fengting, YU Chang, XIONG Lichun, et al. How can agricultural water use efficiency be promoted in China? A spatial-temporal analysis [J]. *Resources, Conservation and Recycling*, 2019, 145: 411 - 418.

[10] 韩颖,张珊. 中国省际农业用水效率影响因素分析——基于静态与动态空间面板模型[J]. *生态经济*, 2020, 36(3): 124 - 131.

[11] 张玲玲,丁雪丽,沈莹,等. 中国农业用水效率空间异质性及其影响因素分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(4): 817 - 828.

[12] 李静,徐德钰. 中国农业的用水效率及其影响因素——基于 MinDW 模型的分析[J]. *环境经济研究*, 2018, 3(3): 56 - 74.

[13] 陈洪斌. 我国省际农业用水效率测评与空间溢出效应研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(2): 85 - 90.

[14] 杨骞,武荣伟,王弘儒. 中国农业用水效率的分布格局与空间交互影响:1998 - 2013 年[J]. *数量经济技术经济研究*, 2017, 34(2): 72 - 88.

[15] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429 - 444.

[16] COELLI T J, RAO D S P. Total factor productivity growth in agriculture: A Malmquist index analysis of 93 countries, 1980 - 2000 [J]. *CEPA Working Papers Series*, 2003, 32(S1): 115 - 134.

[17] 吴睿,吴克照. 当前湖北农村水资源保护和利用研究:以黄石、荆门和宜昌三市为例[J]. *江西农业学报*, 2011, 23(3): 204 - 206.