

中国粮食生产水土资源配置效率及其影响因素

——基于农地流转视角的研究

匡远配, 阳佩玉

(湖南农业大学 经济学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: [目的] 研究中国粮食生产水土资源配置效率及其影响因素, 为保障粮食安全提供理论支持。[方法] 结合农地流转对粮食生产水土资源配置效率的作用机制, 基于 2005—2020 年 30 个省份的面板数据, 利用 DEA 模型测度了粮食生产水土资源配置的综合效率, 探究了农地流转对水土资源配置的影响。[结果] 从时间序列来看, 中国的粮食生产水土资源配置效率大体上呈现波动性上升趋势。从省份来看, 其中河南和吉林等省区在研究期间效率值都为 1, 实现了 DEA 有效。安徽、甘肃、宁夏 3 个省份的粮食生产水土资源配置效率的上升趋势在 1% 的显著性水平下显著。重庆、浙江、青海和广西 4 个省份的下降趋势明显; 基于空间分布分析得出, 地区上水土资源配置效率大致呈现: 东北地区 > 东部地区 > 中部地区 > 西部地区。其中河南和吉林省的水土资源配置效率最高, 青海省最低。[结论] Tobit 回归结果表明农地流转对粮食生产水土资源配置效率有显著影响, 并且是有利于提高水土资源配置效率的。

关键词: 水土资源配置; 农地流转; 综合效率; DEA-Tobit 模型

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)04-0267-09

中图分类号: F302.2

文献参数: 匡远配, 阳佩玉. 中国粮食生产水土资源配置效率及其影响因素[J]. 水土保持通报, 2023, 43(4): 267-275. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20230508.006; Kuang Yuanpei, Yang Peiyu. Allocation efficiency of land and water resources for grain production and its influencing factors in China [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(4): 267-275.

Allocation Efficiency of Land and Water Resources for Grain Production and Its Influencing Factors in China —A study in Perspective of Farmland Transfer

Kuang Yuanpei, Yang Peiyu

(Economic College, Hunan Agriculture University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: [Objective] The objective of this study was to determine the efficiency of land and water resource allocation in grain production of China and its influencing factors in order to provide theoretical support for ensuring food security. [Methods] Using the DEA model, taking 30 provinces (cities) as samples from 2005 to 2020, an empirical analysis of land and water resource allocation of Chinese grain production was carried out and analyzed. [Results] In the time series, the allocation efficiency of land and water resources showed a fluctuating growth. From the perspective of provinces and cities, the economic utility coefficients of Henan and Jilin Province were both 1, and DEA had a good effect. In the grain production of Anhui, Gansu, and Ningxia, the efficiency of land and water resource allocation was significantly improved by 1%. The four provinces of Chongqing, Zhejiang, Qinghai, and Guangxi all showed significant declines; In terms of spatial distribution, the distribution efficiency of land and water resources in this area was as follows: Northeast, East China, Central China, West China. Among them, Henan and Jilin had the highest soil resource utilization efficiency, and Qinghai had the lowest soil utilization efficiency. [Conclusion] The Tobit regression results indicated that agricultural land transfer significantly affected the efficiency of land and water resource

收稿日期: 2022-11-07

修回日期: 2022-11-30

资助项目: 国家自然科学基金项目“农地流转促进农业转型升级发展: 农业TFP中介作用与‘三变革’出路”(71973042)

第一作者: 匡远配(1973—), 男(汉族), 湖南省武冈市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业经济理论与政策研究。Email: kyp0008@163.com。

通讯作者: 阳佩玉(2001—), 女(汉族), 湖南省衡阳市人, 硕士研究生, 研究方向为农业经济理论与政策。Email: 1612505786@qq.com。

allocation in grain production and is conducive to improving resource allocation efficiency.

Keywords: allocation of land and water resources; farmland transfer; combined efficiency; DEA-Tobit model

中国农业生产效率的提高和要素配置效应优化是农业发展的核心^[1-2],区域水土资源的空间匹配格局关系到区域的农业生产。根据中国农业农村部统计,中国 2020 年底有 $3.57 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的耕地在不同主体中流转,占家庭承包经营面积约 35.9%。根据国家统计局 2020 年底的统计数据可知,中国水土资源匹配十分不均衡。具体表现在北方占中国耕地资源的 62%,但是其水资源总量占中国水资源总量的 20%还不到等。受气候的变化、水土资源时空分布不均、土地流转以及新型农田灌溉、栽培技术等问题困扰,中国部分地区的粮食生产水土资源配置效率较低,导致粮食生产能力十分不稳定,从根本上制约了农业现代化的发展。有研究^[3]表明,农地流转能够突破传统的农业资源组织结构,对解决农地细碎、农业资源不匹配、农民增收及粗放经营等问题具有十分重大的现实意义,符合中国农业现代化、新农村建设和城乡统筹的发展要求。所以分析农地流转对粮食生产水土资源配置效率具有重大意义。研究已有文献,近年来水土资源配置效率的研究内容主要包括测算方法和驱动因素两个方面。第一个方面是测算方法研究。关于水土资源匹配的研究,查证资料发现学者^[4-5]多采用传统意义上的水土资源匹配系数来评价一区域内水资源和土地资源的配置情况。黄克威和徐娜等^[6-7]学者认为上述的水土资源匹配模型不能较好地反映水土资源、农业产值分布不一致的情况,而数据包络分析模型可以很好地解决这个问题^[8-9]。第二个方面是水土资源匹配的驱动因素的研究。董佩华^[10-12]在研究中提到了由于区位差异、自然环境不同也会影响水土资源利用效率。马远^[13]提出城镇化率与粮食生产水土资源配置效率呈正相关。彭立等^[14]利用经济发展水平、政府行为等驱动因素来研究水土资源配置效率。金涛等^[15]学者认为粮食种植结构调整会影响农业资源的消耗需求。杨宏轶等学者^[16]认为耕地结构变化是影响水土资源配置效率的主要因素,因为耕地利用的实际需水量受到气候变化、农业灌溉条件等因素的影响等等。在现有研究中,基于农地流转视角去关注水土资源配置效率的研究是十分匮乏的。然而在中国发展现代化农业的道路上,农地流转和多种形式规模经营是重要的一环,那么在农地集中流转的背景下,中国各地区的粮食生产水土资源配置效率水平如何?如何提高粮食生产水土资源配置效率?优化水土资源的配置将成为中国绿色高

质量发展和可持续发展的重要物质基础^[17]。基于此,本文以农地流转的资源配置效应为理论基础,在此基础上分析农地流转对水土资源配置效率的作用机制,采用 DEA 模型测算了中国 2005—2020 年 30 个省份的粮食生产水土资源配置的综合效率,并且总结了粮食生产水土资源配置效率的时间演变趋势和空间分布特征。再根据 Tobit 回归结果,分析中国粮食生产水土资源配置效率的驱动因素并得出结论和启示。

1 理论与机制分析

1.1 农地流转的资源配置效应

在中国耕地资源是十分有限的,可供继续开发利用资源不足,长期耕地面积难以扩大。同时在耕地集体所有和集体所有成员公平分配的制度下,耕地的细分导致每个农户所拥有的耕地面积十分有限^[18]。在此情况下,一方面伴随着农村大部分劳动力的转移,部分农户减少或完全放弃耕地经营,导致耕地资源的浪费。另一方面对于大多数小规模的经营主体而言耕种的机会成本增加,导致农田的基本设施条件水平较低,这是粮食生产水土资源配置的效率低下的重要原因。在此等情况下,鼓励农村土地经营权的合理流转,在经营权重新配置的情况下,农地的细碎化问题以及耕地资源浪费问题都在一定程度上得到缓解。规模经营会促使各流入户进行农田基础设施的建设以及农田的治理。比如从水库引水到田地、通过改变种植结构来增加土地的肥力等方式提高土地质量和提高土地资源和水资源的利用效率,从而获得较高的农业产出。这样不仅不提高了水土资源配置的效率,也提高了生态效率,进而实现了双效率的一个提高。但是同时也有研究认为农地流转和农业生产率呈现负相关^[19-20]。主要原因在于流转的不规范和经营主体缓慢发展。由于农户通常愿意将高价值土地短期暂时转让给亲戚朋友,而将低价值土地流转给无地缘、无亲缘的大户和企业^[21]。这种流转分化的情况下实际上导致了“小农复制”,并未从根本上解决土地细碎化,从而也难以发挥对粮食生产的生产效率以及资源配置的效率发挥改进作用。而另一方面对于大户和企业而言,低价值土地会导致他们的改善土地质量成本增加又或是粮食生产率水平较低。研究发现农地流转的水土资源配置效应可以通过以下这 3 个途径实现(图 1)。

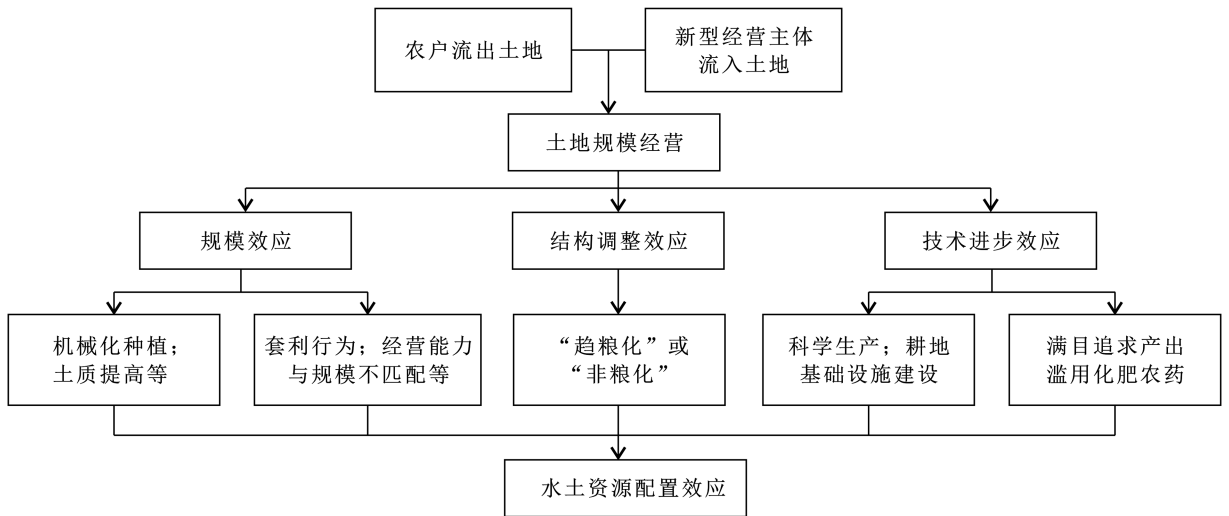


图 1 农地流转的水土资源配置效应理论框架

Fig.1 Theoretical framework of land and water resource allocation effect of farmland transfer

1.1.1 农地流转的规模效应 土地细碎化不利于实行集约化的规模经营,不利于农业的商品化生产,难以大幅度提高农业生产率^[22-23]。很显然,在农地流转背景下农地的经营权向大户或者新型经营主体聚集^[24-25],能够实现大规模的机械化耕种,很大程度上提高了生产收益。但是当农地流转在政府为主要引导的模式下实现时,尤其是政府政策更加倾向于将农地集中在一些所谓的“种田能手”和“种植大户”上时,由于各种原因这可能会导致农地的资源配置效率较低、也就是说不利于粮食生产的水土资源配置效率的提高,甚至会降低。

1.1.2 农地流转的结构调整效应 罗必良等学者^[26-27]研究指出,农地流转可以促使农业种植结构的“趋粮化”。对于这些农地流转规模户而言随着土地规模的变大,劳动力密集难以用机械来替代人工工作时或者说用机械化应用成本较高时,种植经济作物的边际效益降低,成本较大并且风险较高,这时候他们会更加倾向种植风险偏低的粮食作物。对于一些农地流转普通户而言,较高的地租和较短的农地流转期限等因素会让他们更倾向于种植经济作物,种植结构呈现“非粮化”。从另一方面来看,可能有些企业和社会资本利用农地流转合同的漏洞,靠投机行为套取国家的资金奖补和用地指标从事非农生产,导致“非粮化”威胁到粮食安全甚至是“非农化”的危机。但无论是“趋粮化”还是“非粮化”都证明了农地流转会对作物种植结构产生一定的影响。不同种植结构调整会影响水土资源的消耗需求,导致水土资源配置效率水平也会有所差异。

1.1.3 农地流转的技术进步效应 对于大规模的流入户而言,一般情况下,他们自己都拥有较为完备的机械设施,并且具有较强的专业管理能力,还会吸收和采纳较为先进的技术,从而使用更加科学的方法进行农业生产。同时在一般情况下农地流转规模越大,流转期限会更长。农户为了获得更高的收益,通常会进行一些平整耕地、改良土地质量或修建水渠等基础设施一系列行为。前文也提到了耕地基础设施建设能够提高粮食生产效率以及水土资源配置的效率并且表现为农业产出的提高。从另一方面来看,一些小规模流入户只是流入的土地面积较少,他们的耕作方式与流转前没有区别。甚至有的农户滥用化肥和农药去盲目追求产出。这种情形下,粮食生产的水土资源配置效率并不一定会提高,甚至有可能下降。当然,在农业生产中如果只是追求通过扩张农地流转规模带来的规模经济,可能会导致生产能力与经营规模不匹配,这样有可能反而使得农业技术效率的降低。总而言之,我们可以做出假设:在适度规模经营范围内,农地流转是可以提高粮食生产水土资源配置效率的。

2 水土资源配置效率的测算及分析

2.1 数据包络分析法

大多数关于水土资源配置效率的研究也是利用 DEA 来进行测度生产前沿面和分析效率水平。本文采用投入导向型测度方法并且考虑规模收益模型,得到粮食生产水土资源配置的综合效率以此来衡量各地区的水土匹配现状。模型为:

$$\begin{cases} \min[\theta_v - \epsilon(e_1^T IS + e_2^T TOS)] \\ \sum_{j=1}^k X_j \lambda_j + IS = \theta_v X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^k Y_j \lambda_j - OS = Y_{j_0} \\ \sum_{j=1}^k \lambda_j = 1 \\ (\lambda_j \geq 0; j = 1, 2, \dots, k; IS \geq 0, OS \geq 0) \end{cases}$$

式中: X_j, Y_j 分别表示影响粮食生产水土资源配置效率的投入和产出; k 代表决策单元的个数; θ_v 表示决策单元的综合效率值; IS, OS 分别表示水土资源投入和产出的松弛变量; e_1^T, e_2^T 分别表示投入、产出矩阵。

2.2 指标选取和数据来源

本文选取粮食总产量作为产出指标。投入指标采用了 4 个, 分别是农业用水总量、粮食播种面积、农业劳动力、和财政支农比重分别表示粮食生产过程中的水资源投入、土地资源投入、劳动力投入和资本投入。粮食总产量、农业用水总量和粮食播种面积的数据都来自《中国统计年鉴》。第一产业从业人员运用权重系数进行了调整, 计算出农业劳动力。这种处理方式将粮食要素资源投入从大农业之间剥离出来。而财政支农比重的数据也来自《中国统计年鉴》, 是用农林水事务支出占政府预算总支出的比例来表征。

2.3 水土资源配置效率的分析

经 DEAP 软件测算中国 30 个省市区的粮食生产水土资源配置综合效率结果如下表 1 所示。

表 1 各省区市 2005—2020 年水土资源配置综合效率

Table 1 Comprehensive efficiency of land and water resource allocation by provinces and municipalities for 2005—2020

项目	水土资源配置综合效率															
	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
平均	0.807	0.798	0.837	0.820	0.840	0.830	0.806	0.801	0.783	0.789	0.789	0.786	0.786	0.835	0.827	0.841
北京	0.798	0.759	0.835	0.854	0.891	0.825	0.855	0.832	0.819	0.744	0.818	0.824	0.821	0.841	0.821	0.86
天津	0.781	0.765	0.829	0.787	0.836	0.837	0.773	0.718	0.722	0.727	0.723	0.739	0.806	0.898	0.94	0.95
河北	0.751	0.795	0.822	0.82	0.825	0.82	0.839	0.827	0.82	0.775	0.792	0.817	0.848	0.88	0.867	0.896
东部地区																
上海	1	1	1	1	1	1	1	0.926	0.909	0.949	0.936	0.942	1	1	1	1
江苏	0.977	1	1	0.969	1	1	0.996	0.953	0.896	0.916	0.963	0.996	1	1	1	1
浙江	0.884	0.941	0.961	0.954	0.989	0.972	0.924	0.881	0.795	0.833	0.796	0.793	0.792	0.889	0.855	0.866
福建	0.816	0.794	0.864	0.843	0.875	0.857	0.816	0.795	0.761	0.79	0.764	0.765	0.78	0.858	0.84	0.847
山东	1	1	1	1	1	1	1	1	0.997	1	0.99	1	1	1	1	1
广东	0.832	0.783	0.86	0.784	0.842	0.844	0.799	0.788	0.715	0.774	0.759	0.766	0.773	0.826	0.824	0.829
海南	0.578	0.639	0.686	0.66	0.697	0.634	0.646	0.652	0.621	0.667	0.666	0.668	0.652	0.658	0.666	0.681
中部地区																
山西	0.633	0.744	0.644	0.628	0.586	0.631	0.64	0.708	0.74	0.7	0.62	0.624	0.616	0.691	0.642	0.697
安徽	0.718	0.764	0.793	0.809	0.802	0.795	0.785	0.817	0.792	0.838	0.885	0.831	0.835	0.854	0.851	0.832
江西	0.846	0.829	0.908	0.859	0.92	0.884	0.831	0.81	0.784	0.825	0.807	0.784	0.783	0.883	0.849	0.844
河南	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
湖北	0.921	0.841	0.889	0.865	0.918	0.913	0.845	0.82	0.797	0.834	0.874	0.819	0.827	0.89	0.852	0.865
湖南	0.92	0.911	0.992	0.963	0.99	0.973	0.906	0.898	0.823	0.862	0.852	0.858	0.859	0.957	0.925	0.924
东北地区																
黑龙江	0.977	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
吉林	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
辽宁	0.95	0.91	0.997	0.97	0.852	0.917	0.948	0.918	0.939	0.764	0.841	0.88	0.897	0.963	1	0.983
西部地区																
内蒙古	0.799	0.774	0.795	0.806	0.831	0.788	0.773	0.761	0.796	0.789	0.811	0.768	0.756	0.883	0.851	0.936
广西	0.706	0.707	0.771	0.731	0.766	0.735	0.673	0.679	0.659	0.688	0.66	0.654	0.641	0.723	0.691	0.699
重庆	1	1	1	1	1	1	0.98	0.967	1	0.881	0.837	0.852	0.84	0.856	0.828	0.808
四川	0.822	0.727	0.822	0.815	0.85	0.852	0.816	0.79	0.779	0.76	0.792	0.808	0.808	0.854	0.821	0.831
贵州	0.623	0.568	0.658	0.596	0.653	0.598	0.461	0.586	0.525	0.545	0.542	0.541	0.543	0.588	0.557	0.57
云南	0.591	0.562	0.618	0.58	0.607	0.599	0.57	0.567	0.56	0.601	0.592	0.577	0.59	0.678	0.642	0.671
陕西	0.531	0.525	0.604	0.558	0.619	0.619	0.566	0.566	0.535	0.556	0.555	0.537	0.528	0.624	0.594	0.631
甘肃	0.532	0.48	0.51	0.52	0.545	0.568	0.543	0.567	0.552	0.595	0.587	0.556	0.558	0.651	0.637	0.665
青海	0.607	0.5	0.578	0.598	0.597	0.568	0.543	0.515	0.494	0.523	0.503	0.491	0.484	0.509	0.509	0.514
宁夏	0.626	0.619	0.663	0.634	0.708	0.67	0.644	0.675	0.665	0.719	0.69	0.689	0.683	0.737	0.745	0.842
新疆	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.862	0.863	1	1

2.3.1 水土资源配置效率的时序演变 中国及区域水土资源配置效率的时序演变。由图 2 可知,中国的水土资源配置效率呈波动性上升趋势,东北地区水土资源配置效率最高,西部地区最低,东部和中部地区相近。并且东、中、东北和西部地区的粮食生产水土资源配置的综合效率差异在逐步减小。基于 30 个省份测算出来的中国平均粮食生产水土资源配置效率在 0.783~0.841 之间,其中 2020 年的粮食生产水土资源配置效率值最大,值为 0.841。东北地区的水土资源配置效率值一直高于中国的水土资源配置效率值,演化特征为:整体呈现波动性上升趋势,2007—2009 年水土资源配置效率值缓慢下降;在 2014 年经历了突降,达到了 16 a 来最低效率值,值为 0.921;2014—2019 年水土资源配置效率呈稳步上升,2020 年有稍许下降。西部地区的水土资源配置综合效率值低于中国的平均水土资源配置综合效率值。在 2006—2009 年波动上升,但是 2009—2017 年呈现逐步递减,最低值为 0.663。一方面可能是由于 2008 年经济危机后,由于地方政府的引入大批高污染、高耗能的项目和企业,导致工业用水与农业用水的冲突或严重的水污染;从另一个方面来看,可能是因为在“十二五”至“十三五”东部地区的产业结构升级和环境标准的提高^[28-29],使得大量污染密集型产业向西部地区转移,从而导致环境恶化,水土资源配置效率呈现下降趋势。从 2017—2018 年水土资源配置效率剧增,之后呈波动性上升趋势,这得益于中央对西部地区的一些“退耕还林”等一些保护生态环境的政策。东部地区和中部地区的水土资源配置效率水平是比较高的,其效率值都在 0.8 以上,并且也都是呈现一个波动性上升趋势。在 2005—2012 年东部地区的水土资源配置综合效率值一直大于中部地区,但在 2012—2016 年中部地区的水土资源配置综合效率是高于东部地区的,并且在 2017 至 2018 年间实现了一个突增,在 2018 年达到了这 16 a 来的水土资源配置综合效率的最大值,为 0.879。这可能是得益于 2007 年以来中央把部分中部地区作为“资源节约型和环境友好型社会”的先进示范区的政策^[30]。

省际水土资源配置效率时序变化。由表 1 可以清楚地看到河南和吉林两个省份从 2005—2020 年的效率值都为 1,实现 DEA 有效;上海、山东、黑龙江和新疆在 2005—2020 年大部分的时间效率值都为 1,虽然在个别年份有下降的现象,但效率水平还是较高的,都在 0.85 以上。为了更加详细地分析各省份粮食生产水土资源配置效率的时空演变趋势,我们将剩下的 24 个省份 2005—2020 年水土资源配置效率进行

Mann-Kendall 检验。如表 2 所示,检验趋势结果表明安徽、甘肃和宁夏 3 个省份的粮食生产水土资源配置综合效率呈上升趋势并且在 1% 的显著性水平下显著。这应该是得益于尽全力发展节水农业^[31]、坡地改造梯田农业种植等,使得农业用水效率提高,外加农业种植结构的重新规划布局促使水土资源配置综合效率的不断提高。河北的粮食生产水土资源配置综合效率呈上升趋势并且在 5% 的显著水平下显著。北京、四川、江苏、海南、天津、辽宁、内蒙古、云南、陕西的水土资源配置综合效率也呈上升趋势,但是不明显。水土资源配置综合效率下降的省份有 11 个,其中重庆、浙江、青海和广西 4 个省份的下降趋势明显,其他的 7 个省份虽然有下降趋势但是不显著。水土资源配置效率下降的原因主要有由于水土资源禀赋匮乏、作物种植结构不合理或农业技术水平低下导致水土资源利用率较为低下,从而粮食生产水土资源配置效率降低^[32]。

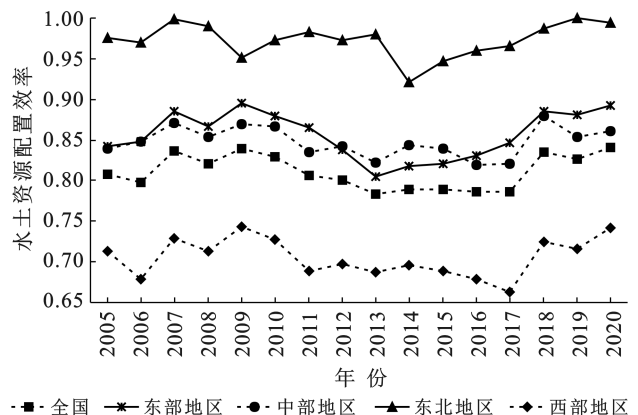


图 2 中国及各区域水土资源配置综合效率时序变化

Fig.2 Time series change of comprehensive efficiency of land and water resource allocation in China and various regions

表 2 部分省份 2005—2020 粮食生产水土资源配置效率 M-K 检验趋势

Table 2 Development trend of M-K test of land and water resource utilization efficiency in grain production from 2005—2020

省份	M-K 检验值	省份	M-K 检验值
北京	0.361	湖南	-1.396
天津	1.306	辽宁	0.225
河北	2.440**	内蒙古	0.8554
江苏	0.484	广西	-1.756*
浙江	-2.296**	重庆	-3.964***
福建	-0.721	四川	0.496
广东	-0.855	贵州	-1.486
海南	1.489	云南	1.306
山西	-0.045	陕西	0.857
安徽	3.287***	甘肃	3.827***
江西	-1.532	青海	-2.614**
湖北	-1.172	宁夏	3.737***

注:*, **, *** 分别表示在 10%, 5% 和 1% 水平下相关性显著。下同。

2.3.2 水土资源配置综合效率的空间分布 由图 3 可知水土资源配置效率最低的是青海省, 值为 0.533, 河南和吉林这两个省的粮食生产水土资源配置效率最高, 效率值为 1, 实现了 DEA 有效。各地区的粮食生产水土资源配置效率水平差别较大。东部地区中山东省的水土资源配置的综合效率是最高的, 最低的

是海南; 中部地区最高的是河南, 最低的是山西; 东北地区最高的吉林, 最低的是辽宁; 西部地区最低的是青海, 新疆的效率值最高。由图 3 可知西部地区的水土资源配置效率各省之间差距最大, 低效率省份大多集中在西部地区。高效率省份主要聚集在东北地区, 中效率省份主要聚集在东部地区和中部地区。

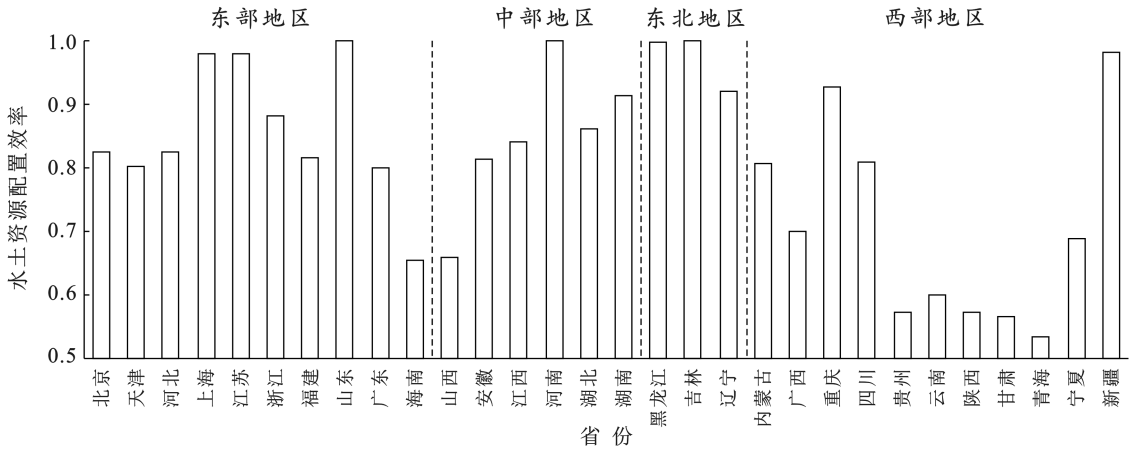


图 3 省际水土资源配置效率

Fig.3 Inter-provincial allocation efficiency of land and water resources

3 水土资源配置效率影响因素的实证分析

3.1 Tobit 模型

为了明确农地流转对水土资源配置效率的影响, 本研究的被解释变量由以 DEA 测算的水土资源配置综合效率值表示。将农地流转等其他影响因素为解释变量建立多元回归模型, 又因为效率值取值在 0~1。根据数据类型所以最终选择 Tobit 模型。具体形式如下所示:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{hx} + \beta_2 X_{kz} + \mu_i | x \sim N(0, \sigma^2)$$

式中: Y_j 为被解释变量, 是粮食生产水土资源配置的综合效率; 解释变量中 X_{hx} 为核心解释变量, 本文中指农地流转; X_{kz} 为控制变量, 在本文中指影响粮食生产水土资源配置综合效率的重要因素; μ_i 为随机干扰项, 服从正态分布。

3.2 影响因素指标的选取和数据来源

本文综合国内外有关专家的研究, 并结合国内的生产实践和资料的可行性。除了选取农地流转因子以外, 甄选各省人均 GDP 值、年均降雨量、年均气温、粮食播种面积占总播种面积比重、农业科技进步率、城镇化水平影响粮食生产水土资源配置效率的关键变量(表 3)。各省人均 GDP 和城镇化水平常被用来衡量一个地区的农业经济发展水平。城镇化水平还

可以更好地反映水土资源对于经济发展的关系。农业科技进步率可以体现农田灌溉条件、农业基础设施和农业科技水平。气候变化对农业生产的影响非常大, 分别以各省的省会城市的年均降雨量和气温表征。粮食播种面积比例反映一个地区的作物种植结构, 而不同的作物其耗水量和对土壤的质量是不一样的, 所以不同的作物种植结构其农地的水土资源配置水平是有差异的。人均 GDP 值、年均降雨量和年均气温的 2005—2020 数据来源于国家统计局; 粮食播种面积、总播种面积的 2005—2020 年数据来源于《中国统计年鉴》; 农业科技进步率和城镇化率的数据是由自己整理得出; 农地流转面积的数据来源于《中国农村经营管理统计年报》。影响因素指标体系详见表 3。

表 3 水土资源配置效率影响因素指标体系

Table 3 Index system of influencing factors of allocation efficiency of water and soil resources

影响因素	变量说明
人均 GDP(万元/人)	各省人均 GDP
年均降雨量/mm	各省主要城市的年均降雨量
年均气温/℃	各省主要城市的年均气温
粮食播种面积比例/%	粮食播种面积/总播种面积
农业科技进步率	各省农业科技进步率
城镇化水平/%	城镇人口/总人口
农地流转/ 10^4 hm ²	农地流转面积

3.3 水土资源配置效率的影响因素分析

本文通过 Tobit 模型对中国粮食生产水土资源配置效率和解释变量进行了回归分析。得到的结果如表 4 所示。由表 4 的结果可知核心解释变量农地流转的系数为 0.000 26,通过了 5% 的显著性水平检验。所以我们有理由相信农地流转集中行为可以带来粮食生产水土资源配置效率的提高,这说明了在 2005—2020 年年间农地流转对中国的粮食生产水土资源配置效率有显著的正向影响。到 2019 年底,中国有 3.69×10^7 hm² 农地实现了流转,流转规模是 2005 年的近 10 倍之多,占家庭承包经营耕地面积的 35.9%,但其流转增速呈放慢趋势。这说明了中国的农地流转规模还未到达一个临界点。在适度规模经营范围内,农地流转是可以提高粮食生产水土资源配置效率的。我们可以看到在各省人均 GDP、年均降雨量、年均气温及粮食播种面积占比的负向影响下,证实农地流转对粮食生产水土资源配置效率产生正向影响,也表明了近 16 a 来农地流转带来的规模效益能补偿天气气候和资本等禀赋给水土资源配置效率带来的损失。农业科技进步率的系数为 0.040 7,通过了 1% 的显著性水平检验,与预测结果一致。该变量对粮食生产水土资源配置效率产生的正向影响也证实了农业科技的发展及先进的技术被采纳可以提高农业灌溉生产条件水平和增强农民积极性,进而提升了水土资源的配置效率。也就是说,农地流转存在技术进步效应,且其在提高种粮水土资源配置效率中发挥了重要作用,体现在测土配方等技术的使用和高标准农田建设工程的实施。城市化率的显著水平检验为 10%,其系数为 0.002 57。城市化水平越高,农户越来越多地流出农村到城市就业安居,更倾向于选择流出自己的土地。农地流转所带来的土地资源优化配置效应,集中体现在可以在一定程度上提高水土资源配置效率。城镇化水平越高,经济较为发达,具备更强的能力推动土地资源和水资源利用的政策,提高水土资源匹配程度^[33-34]。所以,水资源和土地资源的匹配水平和综合利用效率是较高的。各省人均 GDP 值、年均降雨量、年均气温和粮食播种面积占总播种面积播种比重这 4 个解释变量都没有通过显著性检验,其中年均降雨量和年均气温是作为控制变量用来检验气候对水土资源配置效率的影响的,其系数均为负,代表其对水土资源配置效率有负向影响。比如某一地区降雨量越大,代表地区的水资源相对丰富,但是其土地资源是供给缺乏弹性的,从而导致两者匹配水平较低,所以影响不稳定。气温因素不显著的原因可能是因为对于粮食生产水土资源配置效率

系统而言,作为外生变量,难以提高其匹配水平。人民日常生活水平的提高,对一些初级农产品的需求弹性减少^[35],这个可能是导致人均 GDP 对粮食生产水土资源配置效率不显著的主要原因。而粮食播种面积比例是反映作物结构对水土资源配置效率的影响的,虽然不显著,但是其系数为负基本符合预期。相比于“非粮化”农户更偏向于种植耗水量小、周期短、经济效益高的经济作物^[36]，“趋粮化”促使农户种植耗水量大、周期长的粮食作物,水土资源配置效率会有所降低。但是“非粮化”过于严重会导致大量的负面影响。所以更加要重视种植结构的调整与优化,使得水土资源匹配程度达到最优,以达到农业生态效益的可持续提高^[37]。以上论证了本文提出的理论假设:根据社会经济水平、气候特征、农业科技进步、作物种植结构等因素,农户综合考虑农地流入并且发展适度规模经营^[38]能够很好地提高粮食生产的水土资源配置效率。

表 4 水土资源配置效率回归结果

Table 4 Regression results of land and water resource allocation efficiency

变量	系数	标准误	p 值
农地流转	0.000 26**	0.000	0.002
各省人均 GDP	0.004 44	0.003	0.079
年均降雨量	-0.000 02	0.000	0.097
年均气温	-0.001 28	0.004	0.757
粮食播种面积占比	-0.000 63	0.001	0.235
城镇化水平	0.002 57*	0.001	0.000
农业科技进步率	0.040 7***	0.008	0.002
常数项	0.414**	0.148	0.005

4 结论与对策建议

(1) 中国粮食生产水土资源配置效率在研究期间大体上呈现波动性上升。粮食主产区也就是东北地区的水土资源配置效率最高,其次是东部地区。中部地区上升速度最快,甚至在 2012 年其效率值赶超了东部地区,西部欠发达地区的粮食生产水土资源配置效率最低。分析各省份 16 a 以来的粮食生产水土资源配置效率可知,有 6 个省份在大部分年间实现了 DEA 有效,呈现上升趋势的省份略多,其中安徽、甘肃和宁夏 3 个省份的水土资源配置效率 M-K 检验值为正,并且在 1% 的水平下显著,这代表这些省份这些年的水土资源配置效率有明显的改善。但是重庆、浙江、青海和广西的水土资源配置效率下降趋势明显。

(2) 代表社会经济的各省人均 GDP 和气候的年

均降雨量和年均气温对粮食生产水土资源配置效率的影响都不显著,而科技进步率和城市化水平对水土资源配置效率的影响显著。传统的资源禀赋可能已经无法提高其匹配水平,发展到这一阶段更需要的是资源利用率的提高,也就意味着农业技术进步和农业技术采纳的重要性^[39]。

(3) 在 2005—2020 年农地流转对粮食生产水土资源配置效率是呈现显著的正相关的,但是目前中国农地流转面积占家庭经营农地面积约为 39%,并且散户居多,农地流转规模还未达到临界点,若达到临界点可能会呈现负相关。这也与本文的理论假设结果基本一致,即在流转规模临界值内,农地流转能够提高粮食生产的水土资源配置效率。所以农地适度规模经营要与农业技术进步协调共进^[40-41],这样能避免水土资源丰富地区出现水土资源配置效率低下的问题,进而获得更高的农业产出以保障中国粮食安全。

基于上述研究,要实现种粮水土优化推动农业高质量发展,提出以下建议:①各级政府应该合理规划水土资源,要切实加强对水土资源的节约与保护,提高综合利用效率,坚决遏制水土污染加剧的趋势。②农地流转是提高水土资源配置效率的重要途径之一,各级政府应当重点培养新型经营主体,把农地资源向“有能力”的经营主体集中,从而实现土地资源配置最优化和农业高质量发展。同时也要对国家的财政支农资金和用地指标进行严格监管,避免套取国家的资金奖补和用地指标从事非农生产的靠投机行为。③要保证农地适度规模经营与农业技术进步相结合。在农地实现规模经营的基础上,提高水土资源配置效率,避免农地流转的效率“低水平”锁定,进而导致规模效率和生产技术效率不同步的尴尬局面。④重点瞄准粮食生产水土资源配置效率较低的省份做好改进性措施。例如在推进农地流转过程中,不断强化经营主体的农业技术管理能力,提高水土资源综合利用率^[42-43];大力推动设施农业推进水资源高效利用。对于干旱或半干旱的西部省份而言,发展设施农业将是优化水土资源配置及推进农业高质量发展的一个好选择。

[参 考 文 献]

- [1] Rauphf. Landuse and water supply problems in southern California: the case of the Perris valley [J]. *Geographical Review*, 1932, 22(2): 270-278.
- [2] 童芳,赵静,金菊良等.区域水土资源联合优化配置理论框架体系探讨[J].*人民黄河*, 2017, 39(7): 92-95.
- [3] 张红宇,张海阳,李伟毅,等.中国特色农业现代化:目标定位与改革创新[J].*中国农村经济*, 2015(1): 4-13.
- [4] 陶国芳,蒋兆恒,秦丽杰.基于基尼系数的通化地区水土资源匹配分析[J].*中国农业资源与区划*, 2012, 33(4): 67-71.
- [5] 李文静,许文强,包安明,等.阿姆河流域耕地变化及水土匹配特征分析[J].*水资源保护*, 2021, 37(3): 80-86, 107.
- [6] 姜秋香,付强,王子龙,等.三江平原水土资源空间匹配格局[J].*自然资源学报*, 2011, 26(2): 270-277.
- [7] 黄克威,袁鹏,刘刚.基于 DEA 的四川省水土资源匹配研究[J].*中国农村水利水电*, 2015(10): 58-61, 65.
- [8] 王秋梅,付强,孙楠等.区域水土资源优化配置的研究现状及存在问题分析[J].*水资源与水工程学报*, 2010, 21(2): 68-71.
- [9] 栾福超.三江平原地区农业水土资源配置与优化研究[D].吉林 长春:东北师范大学, 2018.
- [10] 杨宏轶,赵华甫.耕地结构变化下水土资源匹配时空特征效应分析:以黑龙江省为例[J].*自然资源学报*, 2022, 37(9): 2247-2263.
- [11] 孙侦,贾绍凤,严家宝,等.中国水土资源本底匹配状况研究[J].*自然资源学报*, 2018, 33(12): 2057-2066.
- [12] 夏文雪,张兵,何明霞等.水足迹视角下京津冀县域粮食作物水土资源匹配格局[J].*中国农业资源与区划*, 2022, 43(9): 22-33.
- [13] 董佩华.甘肃省水土资源空间分布与组合评价[J].*干旱区地理*, 2009, 32(6): 834-840.
- [14] 马远.干旱区城镇化进程对水资源利用效率影响的实证研究:基于 DEA 模型与 IPAT 模型[J].*技术经济*, 2016, 35(4): 85-90.
- [15] 金涛.中国粮食作物种植结构调整及其水土资源利用效应[J].*自然资源学报*, 2019, 34(1): 14-25.
- [16] Zhang Zhenyu, Minghua Tian, Jianjun Li et al. Analysis and research on the value of farmland transfer based on environmental protection evaluation system [J]. *Iopcon Ference Series: Earth Andenvironmental Science*, 2021, 651(4): 042013.
- [17] 程相友,信桂新,陈荣蓉.农地流转对农业生态系统的影响[J].*中国生态农业学报*, 2016, 24(3): 335-344.
- [18] 文高辉,杨钢桥.耕地细碎化对农户耕地生产率的影响机理与实证[J].*中国人口·资源与环境*, 2019, 29(5): 138-148.
- [19] 牛星,吴岳婷,吴冠岑.流转水平差异下农地利用效率的变化研究:以江苏省 45 个县(市)为例[J].*中国农业资源与区划*, 2021, 42(6): 127-135.
- [20] 王雪琪,邹伟,朱高立.地方政府主导农地流转对农户转入规模与粮食单产的影响:以江苏省五地市为例[J].*资源科学*, 2018, 40(2): 326-334.
- [21] 徐珍源,孔祥智.转出土地流转期限影响因素实证分析:基于转出农户收益与风险视角[J].*农业技术经济*, 2010(7): 30-40.

- [22] 王学,李秀彬.土地细碎化和种植制度对华北平原农户粮食生产及其效率的影响:基于河北省沧县的案例分析[J].资源与生态学报,2020,11(6):580-588.
- [23] 王媛媛,刘颖,蒯昊,等.土地细碎化、耕地地力对粮食生产效率的影响:基于江汉平原354个水稻种植户的研究[J].资源科学,2017,39(8):1488-1496.
- [24] 信桂新,程相友,杨朝现,等.成渝经济区农地适度规模经营方式及其环境效应差异比较[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(2):86-98.
- [25] 张倩,吕开宇,张怀志.农地流转会导致土壤肥力下降吗:基于四省种粮大户测土结果的实证研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(2):31-39.
- [26] 罗必良,仇童伟.中国农业种植结构调整:“非粮化”抑或“趋粮化”[J].农业经济问题,2018(2):39-51.
- [27] 匡远配,唐文婷.中国农业资本深化问题研究[J].农业经济问题,2015,36(10):60-68,111-112.
- [28] 李德山,苟晨阳.环境规制对西部地区水资源利用效率的影响研究:基于产业部门和资源依赖度异质性视角[J].地理科学,2021,41(12):2203-2212.
- [29] 张峰,宋晓娜,薛惠锋.环境规制、技术进步与工业用水强度的脱钩关系与动态响应[J].中国人口·资源与环境,2017,27(11):193-201.
- [30] 刘应元,冯中朝,李鹏.中国生态农业绩效评价与区域差异[J].经济地理,2014,34(3):24-29.
- [31] 南纪琴,王景雷,陶国通,等.西北旱区农业水土资源匹配格局研究[J].灌溉排水学报,2015,34(5):41-45.
- [32] 樊慧丽,付文阁.水足迹视角下我国农业水土资源匹配及农业经济增长:以长江经济带为例[J].中国农业资源与区划,2020,41(10):193-203.
- [33] 吴昊旻,胡宜挺.完善我国农村土地流转制度:SICP范式、路径及其内涵[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2014,14(5):14-20.
- [34] 冯浩源,石培基,周文霞.水资源管理“三条红线”约束下的城镇化水平阈值分析:以张掖市为例[J].自然资源学报,2018,33(2):287-301.
- [35] 李江,毛瑞男.农村劳动人口转移对农业生产效率与经营效率的影响:基于省级面板数据的DEA-Tobit两阶段法的分析[J].人口学刊,2021,43(3):100-112.
- [36] 郭萍,赵敏,张妍,等.基于水足迹的河套灌区多目标种植结构优化调整与评价[J].农业机械学报,2021,52(12):346-357.
- [37] 莫亚琳,苏城艺,覃焕,等.农地流转如何提升农业全要素生产率:基于我国省级面板数据的实证检验[J].广西社会科学,2021, No.315(9):80-88.
- [38] 陈菁,孔祥智.土地经营规模对粮食生产的影响:基于中国13个粮食主产区农户调查数据分析[J].河北学刊,2016,36(3):122-128.
- [39] 陈雨生,陈志敏,江一帆.农业科技进步和土地改良对我国耕地质量的影响[J].农业经济问题,2021(9):132-144.
- [40] 郭阳,徐志刚.耕地流转市场发育、资源禀赋与农地规模经营发展[J].中国农村经济,2021(6):60-75.
- [41] 钱龙,冯永辉,钱文荣.农地确权、调整经历与农户耕地质量保护行为:来自广西的经验证据[J].农业技术经济,2021(1):61-76.
- [42] 彭立,邓伟,谭静.横断山区水土资源利用与经济增长的匹配关系[J].地理学报,2020,75(9):1996-2008.
- [43] 邹伟,崔益邻,周佳宁.农地流转的化肥减量效应:基于地权流动性与稳定性的分析[J].中国土地科学,2020,34(9):11-13.

(上接第219页)

- [15] 王秀兰,包玉海.[J].地理科学进展,1999,18(1):83-89.
- [16] Yu B, Rosewell C. A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation [J]. Transactions of the Asae, 1996,39(2):559-561.
- [17] Keli Zhang, Li Lian, Zhuodong Zhang. Reliability of soil erodibility estimation in areas outside the US: a comparison of erodibility for main agricultural soils in the US and China [J]. Environmental Earth Sciences, 2016,75(3):252.
- [18] 张科利,彭文英,杨红丽.中国土壤可蚀性值及其估算[J].土壤学报,2007,44(1):7-13.
- [19] 符素华,刘宝元,周贵云,等.坡长坡度因子计算工具[J].中国水土保持科学,2015,13(5):105-110.
- [20] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [21] 梁鑫源,李阳兵.三峡库区规模农地时空变化特征及其驱动机制[J].地理学报,2018,73(9):1630-1646.
- [22] 常玉旻,张天柱,张凤荣,等.赣东山地丘陵区耕地细碎化时空变异与驱动因子探析:以江西省万年县为例[J].水土保持研究,2021,28(3):264-271.
- [23] 曹银贵,袁春,周伟,等.中国耕地变化的驱动因子及其省域差异分析[J].中国土地科学,2008(2):17-22.
- [24] Wang Hua, Zhu Yuxin, Wang Mengyu et al. Spatial characteristics and driving forces of cultivated land changes by coupling spatial autocorrelation model and spatial-temporal big data [J]. Ksii Transactions on Internet and Information Systems(Tiis), 2021,15(2):767-785.