

# 集中连片特困区耕地生态效率的时空演变特征及影响因素分析

## ——以吕梁山区为例

刘海龙<sup>1</sup>, 王虎<sup>1</sup>, 谢亚林<sup>1</sup>, 李曼<sup>1</sup>, 石培基<sup>2</sup>

(1.山西师范大学 地理科学学院, 山西 临汾 041004; 2.西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

**摘要:**为了明晰落后地区耕地生态效率及影响因子,实现资源节约和生态保护的协调发展,基于 2007 年、2012 年、2017 年吕梁山区各县域面板数据,采用超效率 SBM 模型测算了县域耕地生态效率,揭示其时空演变特征,并**利用地理探测器模型探究了耕地生态效率的影响因素**。结果表明:2007—2017 年研究区的耕地生态效率呈上升趋势,且阶段特征明显,其中 2007—2012 年,多数县域耕地生态效率上升缓慢,2012—2017 年多数县域的上升幅度较大,但多数县域耕地生态效率处于较低的状态,提升空间较大。研究区县域耕地生态效率的空间差异不断缩小,但耕地生态效率在空间上不具有显著相关性,表明各县域发展相对独立。研究区耕地生态效率是社会经济因素和自然因素综合作用的结果,其中经济水平、人口规模、劳动力和降水量的决定性较强,降水量作为区域耕地生态效率的支撑条件,加之区域经济发展,耕地生态效率将得到进一步的提升。

**关键词:**生态效率; SBM 模型; 地理探测器; 集中连片特困区; 吕梁山区

中图分类号:F323.22

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)02-0323-07

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2020.02.045

## Analysis for Spatial and Temporal Evolution Features and Influencing Factors of Ecological Efficiency of Cultivated Land in the Concentrated Contiguous Destitute Area

### —A Case Study of Lüliang Mountain Area

LIU Hailong<sup>1</sup>, WANG Hu<sup>1</sup>, XIE Yalin<sup>1</sup>, LI Man<sup>1</sup>, SHI Peiji<sup>2</sup>

(1.College of Geography Science, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041004, China;

2.College of Geography and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** In order to clarify the ecological efficiency and influencing factors of cultivated land in backward areas and realize the coordinated development of resource conservation and ecological protection, based on the panel data of the counties in Lüliang Mountain Area in 2007, 2012 and 2017, the super-efficiency SBM model was used to calculate the ecological efficiency of cultivated land in the counties, to reveal its temporal and spatial evolution features, and to explore the influencing factors of the ecological efficiency of cultivated land by using the geographic detector model. The results showed that ecological efficiency of cultivated land in the study area presented an upward trend, and the stage features were obvious from 2007 to 2017; from 2007 to 2012, the ecological efficiency of cultivated land in most counties increased slowly, and from 2012 to 2017, the increase of that in most counties was larger. However, the ecological efficiency of cultivated land in most counties was at a low state, and there was still a large space for improvement. The spatial difference of cultivated land ecological efficiency in the study area was shrinking, but the spatial correlation of cultivated land ecological efficiency was not significant, which indicated that the development of each county was relatively

收稿日期:2019-05-23

修回日期:2019-06-03

资助项目:山西省哲学社会科学规划项目(晋规办字[2017]2号);国家自然科学基金青年项目(41701062)

第一作者:刘海龙(1983—),男,甘肃正宁人,博士,副教授,主要从事区域发展与生态效率研究。E-mail:liuhailong5117@163.com

通信作者:王虎(1994—),男,山西右玉人,硕士,研究方向为区域发展与生态效率。E-mail:18303472545@163.com

independent. The ecological efficiency of cultivated land in the study area was the result of the comprehensive effect of socio-economic and natural factors. The economic level, population size, labor force and precipitation were more decisive. The arable land ecological efficiency will be further improved because of the precipitation serving as the supporting condition of the ecological efficiency of cultivated land and the regional economic development.

**Keywords:** ecological efficiency; SBM model; geographic detector; concentrated contiguous destitute area; Lüliang Mountain Area

民以食为天,农业良性发展是国家安全和稳定的重要条件。改革开放以来,我国以不到 10% 的耕地养活了世界 20% 的人口<sup>[1]</sup>,创造农业发展奇迹,2018 年度我国粮食总产量高达 1.3 万亿斤,年平均增长率约 1.81%。伴随人民生活水平的提高,人民愈加关注粮食品质,但在农业经济快速发展的过程中,耕地污染问题日益严重,《全国农业可持续发展规划(2015—2030)》[农计发[2015]145 号]报告中指出,当前耕地利用内源性污染严重,如化肥、农药和农膜的利用效率低下,耕地生态效率问题突出,粮食品质下降和农业生态建设压力增加,严重影响了我国农业的可持续发展。“十九大”报告强调,中华民族的千年发展大计就是要践行“绿水青山就是金山银山”的理念,保证物质财富和精神财富的同时,要实现美好生态环境的建设,其中农田生产作为发展的基础,耕地生态化是生态环境建设的第一环。因此,耕地生态效率成为当前相关学者研究的热点问题之一。

耕地生态效率是指在发展种植业的过程中,以尽可能小的耕地资源代价获得尽可能多的农业产出,并保证农产品质量<sup>[2]</sup>。当前相关学者对农业耕地生态效率的研究,已经由宏观视角转向微观视角,如对宏观视角的研究主要集中在省际行政单元<sup>[3-5]</sup>和地市行政单元<sup>[6]</sup>,中观视角集中在县域行政单元<sup>[7-8]</sup>,微观视角集中在固定的农村点<sup>[9]</sup>和产粮种植户<sup>[10]</sup>;其内容涉及时空分布<sup>[8,11-12]</sup>、影响因素<sup>[3,10-11,13-14]</sup>和趋势预测<sup>[12]</sup>等;主要应用的方法为指标体系测算<sup>[15-16]</sup>、随机前沿法(SFA)、数据包络模型(DEA)以及 DEA 的改进模型(如超效率 DEA、非期望 SBM)等<sup>[14,17-19]</sup>。综合梳理相关文献发现对于农业经济发展和生态脆弱性矛盾突出的集中连片特困区关注度较少,且多从经验定性的角度论述耕地生态效率的影响因素,本文利用成熟的生态效率测算方法(非期望产出的超效率 SBM 模型)对吕梁山区耕地(种植业)进行研究,刻画吕梁山区耕地生态效率的时空演变特征,并运用地理探测器模型从区域叠加的定量视角探索集中连片特困地区的耕地生态效率影响因素,揭示内外驱动机制。

集中连片特困区是在我国区域发展策略和自然

环境恶劣条件等多重因素下形成的,主要集中在西南地区,中部和东部地区有零星分布,共计 680 个县、市、区及行委,其分布与边境区、生态脆弱区、限制和禁止开发区、少数民族聚居区和革命老区在空间上高度重叠,经济发展不发达、不协调和不持续性问题显著,落后的生产方式和绿色高效发展矛盾突出。吕梁山区是我国 14 个集中连片特困区之一,位于黄土高原东部,地跨山西和陕西两省,经济发展水平低,生态脆弱,地势起伏大,交通条件落后,属于典型的深度贫困区,落后的生产方式和脆弱的生态环境矛盾尖锐,故实现生态文明建设和产业发展均需考虑生态效率。本文以吕梁山区 20 个县域为评价单元,选取 2007—2017 年耕地投入产出数据,构建耕地生态效率指标体系,运用非期望超效率 SBM 模型和地理探测器模型分别对研究区耕地生态效率的时空演变特征和影响因素进行探究,以期为研究区耕地高效利用和农业生态建设的政策制定提供参考依据。

## 1 研究区概况

吕梁山区包括晋西 13 县和陕北 7 县,区域总面积约 3.69 万 km<sup>2</sup>,地形以山地和丘陵为主,沟壑纵横,水土流失严重,生态环境极其脆弱。2017 年该地区生产总值为 778.34 亿元,仅为全国 0.09%,常住人口为 380.05 万人,其中农村人口占比 72.16%,第一产业占比 16.7%,远高于全国 7.9% 的平均水平,人均居民可支配收入仅为 12 835.4 元,经济发展水平落后;研究区各县平均学校个数为 14.35 个,各校平均教职工仅为 72.28 人,教育资源紧张;在耕地碳排放方面,各县化肥排放均值为 783.5 万 kg、农药排放均值 1.11 万 kg、农膜排放均值 5.98 万 kg、柴油排放均值 293.67 万 kg 和农业翻耕排放均值 1.09 万 kg。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本文所用数据包括农业生产数据和社会经济数据,均来源于相应年份的《临汾市统计年鉴》《吕梁市统计年鉴》《忻州市统计年鉴》和《榆林市统计年鉴》,个别缺失数

据采用插值计算所得。气象数据来源于中国科学院资源与环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),地形 DEM 数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>),底图涉及省界线的矢量数据来源于 2017 年国家基础地理信息中心公布的全国 1:100 万基础地理数据库([www.webmap.cn](http://www.webmap.cn)),审图号为 GS(2016)2556 号。

2.2 研究方法

2.2.1 指标体系构建 耕地生态效率在一定程度上反映耕地资源利用和生态环境协调发展的关系。在

农业生产过程中,必要投入为土地和人力,辅助投入为机械动力、化肥、农药、农膜和能源等,故将其作为资源投入指标;其中农业生产的主要目的为农业产值,将农业产值作为期望产出;同时农机燃油,设备耗电量,化肥、农药和农膜化学制品使用均能引起碳排放,土地翻耕引起有机碳流失,造成农业面源污染,故将上述指标列为非期望产出,结合已有研究成果<sup>[4,12]</sup>,遵循数据可获取性和科学性等原则,构建统一口径的耕地效率投入产出指标体系(表 1)。

表 1 耕地生态效率指标体系

| 项目     | 类型    | 指数   | 指标层                     | 指标解析                       |
|--------|-------|------|-------------------------|----------------------------|
| 耕地生态效率 | 资源投入  | 土地投入 | 农作物播种面积/hm <sup>2</sup> | 表征耕地的实际种植面积                |
|        |       | 劳动投入 | 农业从业人员/人                | 表征从事种植业的人员                 |
|        |       | 机械投入 | 农业机械总动力/万 kW            | 表征农业现代化                    |
|        |       | 化肥投入 | 农用化肥施用量(折纯量)/t          | 农业生产中,化肥、农药、农膜和柴油等都是主要污染源  |
|        |       | 农药投入 | 农药使用量/t                 |                            |
|        |       | 农膜投入 | 农膜投入量/t                 |                            |
|        |       | 能源投入 | 农用柴油使用量/t               |                            |
|        | 期望产出  | 农业产出 | 农业总产值/万元                | 折算 2002 年不变价,剔除价格变动影响      |
|        | 非期望产出 | 碳排放  | 农业碳排放/t                 | 参考王宝义等 <sup>[4]</sup> 研究成果 |

注:农业碳排放作为非期望产出指标可兼顾农业面源污染广泛和数据量化的优势。故参考已有研究<sup>[4]</sup>选取 5 类碳排放系数:化肥 0.895 6 kg/kg、农药 4.934 1 kg/kg、农膜 5.18 kg/kg、柴油 0.592 7 kg/kg 和农业翻耕 3.126 kg/hm<sup>2</sup>。

2.2.2 超效率 SBM 模型 SBM 模型是 Tone<sup>[20]</sup> 于 2001 年提出的,但由于 SBM 模型难以解决投入要素的“松弛”和“拥挤”现象,为此, Tone<sup>[21]</sup> 在原有基础上改进 SBM 模型,提出超效率 SBM 模型,逐渐演化为当前测算生态效率较为成熟的方法之一,基于 DEA-SOLVER Pro 5.0 软件,利用非径向(Non-Oriented)和规模报酬可变(VRS)的编程模块实现超效率 SBM 模型,测算出吕梁山区 2007 年、2012 年、2017 年 20 个县域的耕地生态效率值,并利用 Excel 制图显示其时间演变过程(图 1)为揭示耕地生态效率的空间演变趋势,采取自然断点法将耕地生态效率分为 3 个等级,通过 GIS 实现可视化表达(图 2)。其模型构建为:

$$\min \rho = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\bar{x}/x_{ik})}{\frac{1}{r_1+r_2} (\sum_{s=1}^{r_1} \bar{y}^d/y_{sk}^d + \sum_{q=1}^{r_2} \bar{y}^u/y_{qk}^u)} \quad (1)$$
$$\begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq k}^n x_{ij} \lambda_j, \bar{y}^d \leq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{sj}^d \lambda_j, \bar{y}^u \geq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{qj}^u \lambda_j, \\ \bar{x} \geq x_k, \bar{y}^d \leq y_k^d, \bar{y}^u \geq y_k^u, \lambda_j \geq 0, i=1, 2, \dots, m; \\ j=1, 2, \dots, n, j \neq 0; s=1, 2, \dots, r_1; q=1, 2, \dots, r_2 \end{cases} \quad (2)$$

式中:假设有  $n$  个县域单元,每个县域单元投入  $m$ ,期望产出  $r_1$ ,非期望产出  $r_2$ ;  $x, y^d, y^u$  分别为投入矩

阵、期望产出矩阵和非期望产出矩阵中的元素; $\rho$  为生态效率值。

2.2.3 空间自相关 耕地生态效率易受区域地理差异的影响,但地理学第一定律指出,空间邻近实物存在相互联系和影响,为探究研究区的耕地生产活动的影响大小,故引入当前对空间关系研究较成熟的方法(空间自相关),空间自相关分为全局自相关和局部自相关<sup>[13]</sup>。因研究区同处吕梁山区,同质性特征明显,本文选取全局自相关探究耕地生态效率的空间关联和分异特征,其统计指标为 moran's  $I$  指数,公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

式中: $n$  为县域单元; $x_i, x_j$  分别为空间位置  $i$  和  $j$  的观察量; $w_{ij}$  为空间关系, $i$  和  $j$  相邻, $w_{ij}$  为 1,反之为 0; $I \in [-1, 1]$ ,大于 0 为正相关,小于 0 为负相关,等于 0 不相关。

2.2.4 耕地生态效率演变的影响因素指标构建 深度贫困、产业单一和生态脆弱等是集中连片特困地区主要的问题,从经济水平、人口规模、劳动力、产业结构、降水量、地表状态和耕地利用难易程度构建影响因素。其中前 4 项是社会经济因素,后 3 项是自然环境因素。

表 2 耕地生态效率的影响因素评价体系

| 评价因子    | 代表性指标                      | 指标解析                                 |
|---------|----------------------------|--------------------------------------|
| 经济水平    | 人均 GDP/元                   | 经济发展程度                               |
| 人口规模    | 人口密度/(人·km <sup>-2</sup> ) | 人口对耕地的压力                             |
| 劳动力     | 农业从业人员占比/%                 | 耕地劳动力投入                              |
| 产业结构    | 第一产业占比/%                   | 农业发展水平的影响                            |
| 降水量     | 多年平均降水量/mm                 | 反应作物生长的需水量                           |
| 地表状态    | 地表破碎度/(°)                  | 用各县 DEM 影像不同高程的标准差表示 <sup>[22]</sup> |
| 土地利用难易度 | 坡度/(°)                     | 根据《土地利用现状调查报告》坡度大于 15°为难利用土地         |

2.2.5 地理探测器 地理探测器是探测空间分异性,揭示背后驱动力的一种统计方法,在探测因子之间关系的研究中独具优势<sup>[23]</sup>,模型公式如下:

$$q_{s,\rho} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^k n_i \sigma_i^2 \quad (4)$$

式中: $q_{s,\rho}$ 是影响因素  $s$  对区域耕地生态效率  $\rho$  的影响力; $\sigma^2$ 为研究区影响因子的离散化处理; $n$ 为区域县域单元数; $k$ 为县域个数; $n_i, \sigma_i^2$ 为单元分区  $i$  的样本量和离散化值。 $q_{s,\rho}$ 取值为 $[0,1]$ , $q_{s,\rho}$ 值越大,表明指标因子对耕地生态效率的影响越大。按照已有研究成果<sup>[23]</sup>和先验知识,各因子以等间距法实现离散化分级处理:经济水平、劳动力和产业结构分为 4 级;人口规模、耕地难利用程度和降水量分为 8 级;地表状态分为 22 级,并利用 ArcGIS 10.2 平台的渔网功能提取栅格数据,网点布置间距 50 m,生成渔网点为 3 107 个,作为统计运算的行数据。

### 3 结果与分析

#### 3.1 吕梁山区耕地生态效率的时间演变

整体而言,2007 年以来研究区的耕地生态效率呈上升趋势(图 1)。2007—2012 年,多数县域呈缓慢上升趋势,2012—2017 年,多数县域呈快速上升趋

势,表明伴随我国生态文明建设的逐步深入以及经济发展水平的逐步提升,吕梁山区的耕地生态效率在不断改善。2007 年,研究区平均生态效率值为 0.530 4,最高值绥德县 0.997 7,最低值大宁县 0.078 6;2012 年,研究区平均生态效率值上升至 0.661 5,最高值清涧县达 0.999 2,最低值岢岚县为 0.241 9;2017 年,研究区平均效率值上升幅度较小,仅提升 0.064 2,其中最高值米脂县 0.996 4,最低值大宁县 0.246 9,表明研究区内部耕地生态效率变化存在差异,尽管低值区演变较为显著,但仍处于低值区。进入 21 世纪后,伴随我国经济发展水平的提升,大量农业从业人员转出,从事经济产出较高的二三产业,农业生产从人口投入逐渐转向机械化和化学投入,从而导致研究区整体耕地生态效率较低。2007—2017 年,伴随我国生态文明建设的逐步深入及科技进步、农机燃油结构的改善,致使耕地生态效率有所提高,但受深度贫困的限制,多数地区高污染排放的状况仍未得到根本性改变,其中陕北 7 县(除吴堡县外),耕地生态效率处于高值区,这是由于该区多数人口以农业生产为主,耕地人力投入量较多,污染排放相对较少,但以人力成本换取耕地生态高效则会导致内部深度贫困状态加剧。

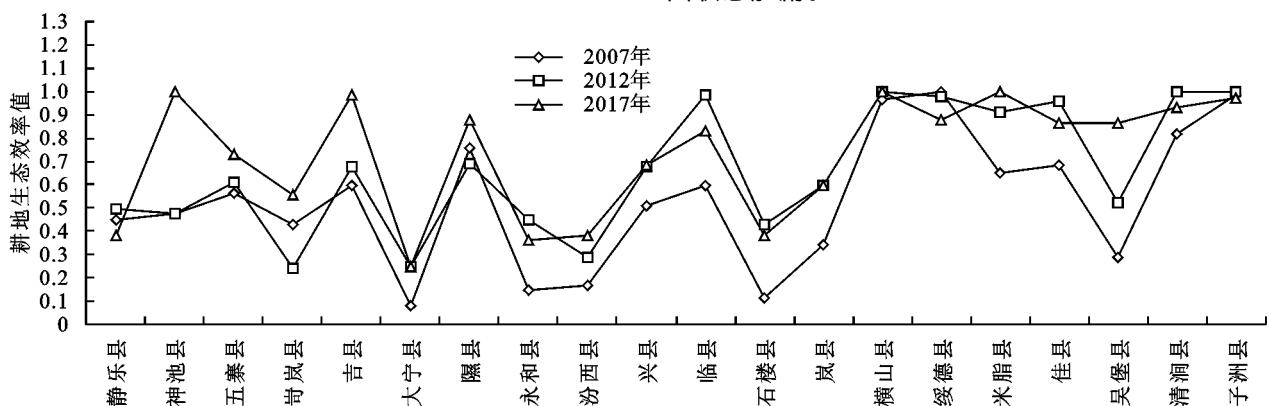


图 1 2007—2017 年研究区耕地生态效率走势

#### 3.2 吕梁山区耕地生态效率空间演变

首先利用莫兰指数对研究区耕地生态效率进行空间相关性检验,除 2012 年通过 10% 的显著性检验外,其他两年均未通过显著性检验,表明吕梁山区耕

地生态效率在地理空间分布上不具显著相关性,地域临近对耕地生态效率影响较低,其原因在于吕梁山区位于省际边界地区,边境“分割”效应明显,内部地形起伏较大,交通通达性较差,各地区发展相对独立。

2007—2017 年研究区耕地生态效率的空间差异不断缩小,阶段差异显著。空间差异缩小体现在 2007 年耕地生态效率最高县域(绥德县)与最低县域(大宁县)差值为 0.919 1,到 2017 年耕地生态效率最高县域(米脂县)和最低县域(大宁县)差值为 0.749 5,阶段差异表现为 2007—2012 年空间差异变化较大(差值为 0.161 9),2012—2017 年变化较小(差值仅为 0.007 8)。2007—2017 年研究区耕地生态效率呈不断上升趋势(图 2),且空间集聚特征明显,2007 年耕地生态高效率集中在陕北榆林地区(横山县、子洲县、清涧县和绥德县),低效率集中在晋西南临汾地区(永和县、大宁县和汾西县),其中中等效率县域占比最高为 45%,主要集中在研究区北部(神池县、五寨县、岢岚县、静乐县、兴县、临县、佳县和米脂县)。2012 年耕地效率的空间格局变化幅度较大,主要表现为在陕北榆林地区(佳县、米脂县和吴堡县)和研究区北部(岚县、岢岚县和临县)及南部(石楼县、永和县

和隰县)多数县域生态效率的转变,使得高效率 and 中等效率的县域占比较高,分别为 35%,50%。2017 年耕地生态高效率的县域变化幅度较大,除陕北榆林地区 7 个县域外,研究区北部和南部均有零星分布(神池县、临县、隰县和吉县),空间占比达 55%,中等效率集中在研究区北部,且空间占比由 2012 年 50%下降到 20%,低效率分布较集中在研究区南部(石楼县、永和县、大宁县和汾西县)。

整体而言,2007—2017 年研究区耕地生态效率空间差异缩小,且耕地生态高效率的县域占比不断提升,这与《吕梁山片区区域发展与扶贫攻坚规划(2011—2020)》和《吕梁市贫困农村扶贫开发“十一五”规划(吕政办发[2007]114 号)》等相关政策的实践有关,表明扶贫政策(“整村推进”、特色产业扶贫、精准就业培训扶贫和易地扶贫搬迁等)和生态文明建设(生态补偿脱贫)对生态极其脆弱的集中连片特困地区意义深远。

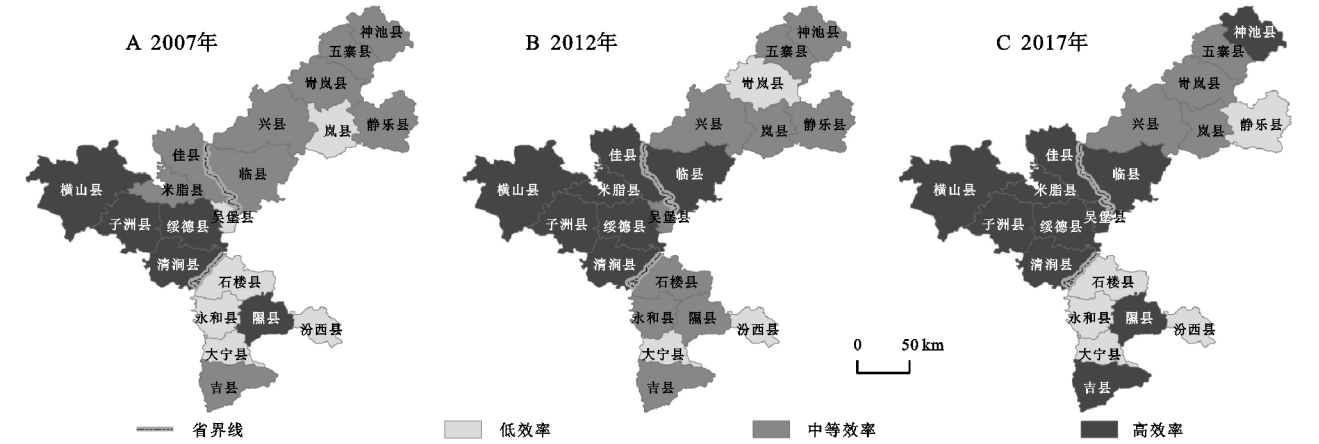


图 2 2007—2017 年研究区耕地生态效率空间分布格局

3.3 吕梁山区耕地生态效率的影响因素分析

本文利用地理探测器模型对耕地生态效率演变进行时空因素的探测(表 3),由于社会经济因素变化较大,所以对节点年份均进行因子探测,而自然因素时间较短,变化相对较小,只利用节点年份耕地生态效率均值进行因子探测。由表 3 可知,所构建的因子  $q$  值影响力均大于 0.1 的有 4 个,由此可知,经济水平、人口规模、劳动力和降水量是吕梁山区耕地生态效率的主要影响因子。

表 3 耕地生态效率影响因素的探测结果

| 社会经济因素 | $q$ 值  |        |        | 自然因素     | $q$ 值 |
|--------|--------|--------|--------|----------|-------|
|        | 2007 年 | 2012 年 | 2017 年 |          |       |
| 经济水平   | 0.296  | 0.312  | 0.463  | 降水量      | 0.585 |
| 人口规模   | 0.277  | 0.304  | 0.349  | 地表的状况    | 0.056 |
| 劳动力    | 0.103  | 0.125  | 0.252  | 土地利用的难易度 | 0.009 |
| 产业结构   | 0.023  | 0.048  | 0.034  |          |       |

3.3.1 经济水平 经济发展水平是贫困地区提高生活水平和改善生态环境的重要途径,结果显示:研究区的经济水平决定力由 2007 年的 0.296 提高到 2017 年的 0.463,与耕地生态效率的发展呈正相关关系。一方面,在贫困地区经济发展水平越高的地区,现代化工具投入量越大,可有效促进耕地产出,提升耕地生态效率;另一方面,经济水平的提高导致大量有资金基础的劳动力从事产值较高的二、三产业,对于起伏较大和难以利用的低效耕地积极响应生态补偿政策(绿化荒地得到相应的经济补贴),从而提升整体的耕地生态效率。因此经济发展水平是影响集中连片特困地区耕地生态效率的一项重要指标,经济发展水平越高,耕地生态效率越高,经济建设对于集中连片特困地区的生态建设意义重大。

3.3.2 人口规模 人口规模是人与自然磨合的重要

体现,合理的人口密度会促进人类社会的发展,相反则会限制发展,对于集中连片特困区而言,多数地区存在“一方水土养活不了一方人”的现象。结果显示人口规模与耕地生态效率呈负相关关系,2007—2017年,研究区人口密度整体降低,由 2007 年的 104.64 人/km<sup>2</sup>下降为 102.99 人/km<sup>2</sup>,而对耕地生态效率的决定力不断提高(由 0.277 提高到 0.349),原因在于人口作为消费者,人口规模的缩小可降低粮食需求量,从而减弱对耕地的压力,实现耕地资源高效利用。仅从人口规模的角度考虑,目前吕梁山区耕地整体生态效率偏低,人口规模处于整体偏高的状态,伴随“易地迁移”政策的不断深入,其耕地生态效率将会得到有效改善。

**3.3.3 劳动力** 整体而言,研究区农业从业人员的投入与耕地生态效率呈正相关关系,地区农业从业人员均值由 2007 年的 29 525 人提高到 2017 年的 35 053 人,其对耕地生态效率的决定力由 0.103 提高到 0.252,这表明劳动力要素的投入可降低机械、农药的投入量,减少非期望产出,促进耕地生态效率的提高。这一现象在榆林地区的表现尤为明显,2007—2010 年,其农业劳动力投入均值占人口总数的 20.69%,耕地人力资源投入较高,尽管保持了耕地生态效率较高的局面,但是长期以来,人力资源无法向生产效率更高的二、三产业转移,深度贫困问题的时序将会延长。

**3.3.4 降水量** 综合比较各项要素的影响力,可知降水量对耕地生态效率的影响较高,高达 0.585,表明降水量的多少对该地区耕地生态效率的影响显著,其因在于吕梁山区地势起伏大,河流水源利用难度高,耕地对水资源的利用主要依赖大气降水,结合多年的种植经验形成能够适应干旱半干旱交界地区降水变化大的作物,因此,吕梁山区脱贫攻坚的“一村一品”策略实施要因地制宜、因水制宜。理论上地表破碎度和地表坡度对于耕地生态效率的影响较大,但研究结果显示地表的状态和土地利用的难易度影响力较小,分别为 0.056,0.009,这是由于吕梁山区长期以来因国家帮扶,形成“等、靠和要”的心理,对于耕地的利用仅停留在易利用耕地和居民点可达性较好的地方,尤其是近些年,伴随经济水平的提升,相对难利用的弃荒地大量出现,耕地资源浪费和零星弃荒地的综合整治问题将会成为吕梁山区今后需解决的问题之一。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

吕梁山区耕地生态效率空间集聚特征显著,但相

关性检验结果显示不具有显著空间自相关,存在这一问题的原因有 3 点:(1) 受县域样本数量的限制(小于 30 个),(2) 受研究区区位破碎的影响,空间自相关结果存在误差,(3) 各县域受地形影响发展相对独立,综合考量研究区的特殊性,结合相关学者<sup>[24]</sup>对中国集中连片特困区农民收入的研究结果,本文结果更加侧重于第 3 点。在扶贫工作中,耕地的价值功能将会不断提升,因此需要全面认识耕地价值,在发挥经济价值的同时注重生态功能,需要在耕地开发过程中,注重各项要素的合理投入,保证耕地经济价值的同时,防止脆弱的生态环境再遭破坏。本文以吕梁山区为例测算耕地生态效率的状况,并运用地理探测器模型揭示了耕地生态效率的影响因素,但影响因子的选取和离散化数据的处理因地域差异不同,所测的影响因素会存在误差,但可反映整体趋势的演进。由于集中连片特困地区本身问题较为复杂,目前还没有一个较为权威的影响因素指标构建,本文仅从生态脆弱和深度贫困两个视角讨论其影响因素,且仅以吕梁山区为例进行研究,略显不足,因此针对我国 14 个集中连片特困地区的研究以及耕地生态效率影响因素的构建和离散标准的探索将是今后研究的重点。

### 4.2 结论

从时间演变的过程来看,研究区的耕地生态效率呈上升趋势,且阶段特征明显,2007—2012 年,多数县域耕地生态效率上升缓慢,2012—2017 年,多数县域的上升幅度较大,但是仍有部分县域的耕地生态效率水平较低,提升空间较大。从空间演变格局来看, *moran's I* 指数结果表明,研究区的耕地生态效率在空间上不具有显著相关性,各县域发展相对独立。县域耕地生态效率的空间差异不断缩小,且空间集聚特征明显,整体而言,各县域耕地生态效率呈上升趋势,表明生态建设的效果显著。吕梁山区耕地生态效率是经济因素和自然因素综合作用的结果。其中经济水平、人口规模、劳动力和降水量的决定性较强。降水量作为区域耕地生态效率的支撑条件,伴随经济发展,耕地生态效率将得到进一步提升。

多数贫困县域耕地生态效率较低,耕地资源利用率低下问题突出,环境保护和资源高效利用任务艰巨,因此,要深入推进农业经济发展方式转变,注重环境保护和资源节约,积极引进先进的耕地生产技术,贯彻好农业生态政策,实施生态责任制。多关注生态效率提升显著的县域农业发展模式,加强生态农业合作机制,定期总结经验,相互交流,高效县域积极发挥

辐射带动作用,低效县域立足县域耕地生态效率的驱动力,发挥主观能动性,寻求致富发展和生态建设的平衡点,缩小区域耕地生态效率差距。

#### 参考文献:

- [1] 李谷成.中国农业的绿色生产率革命:1978—2008年[J].经济学,2014,13(2):537-558.
- [2] 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.
- [3] 王宝义,张卫国.中国农业生态效率的省际差异和影响因素:基于1996—2015年31个省份的面板数据分析[J].中国农村经济,2018(1):46-62.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 于婷,郝信波.粮食主产区农业生态效率时空特征及改善路径研究[J].生态经济,2018,34(9):104-110.
- [7] 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.
- [8] 张子龙,鹿晨昱,陈兴鹏,等.陇东黄土高原农业生态效率的时空演变分析:以庆阳市为例[J].地理科学,2014,34(4):472-478.
- [9] 高鸣,宋洪远,Michael Carter.粮食直接补贴对不同经营规模农户小麦生产率的影响:基于全国农村固定观察点农户数据[J].中国农村经济,2016(8):56-69.
- [10] 贾琳,夏英.农户粮食生产规模效率及其影响因素分析:基于黑、豫、川三省玉米种植户的调查数据[J].资源科学,2017,39(5):924-933.
- [11] 冯亚娟,祁乔,韩家彬.中国农业生态效率的时空演变及驱动因素[J].水土保持通报,2018,38(6):254-262.
- [12] 侯孟阳,姚顺波.1978—2016年中国农业生态效率时空演变及趋势预测[J].地理学报,2018,73(11):2168-2183.
- [13] 黄娟,刘玥.三峡库区农业生态效率测度及其影响因素分析[J].统计与决策,2018,34(7):123-127.
- [14] 郑德凤,郝帅,孙才志.基于DEA-ESDA的农业生态效率评价及时空分异研究[J].地理科学,2018,38(3):419-427.
- [15] 邓楚雄,谢炳庚,吴永兴,等.上海都市农业生态安全定量综合评价[J].地理研究,2011,30(4):645-654.
- [16] 潘旭东,王翔飞,赵斌,等.石河子绿洲农业生态经济系统结构与功能分析[J].干旱区资源与环境,2011,25(1):30-33.
- [17] 曾福生,刘俊辉.区域异质性下中国农业生态效率评价与空间差异实证:基于组合DEA与空间自相关分析[J].生态经济,2019,35(3):107-114.
- [18] 任红霞.基于DEA模型的农业生态效率综合测度[J].统计与决策,2019(6):99-103.
- [19] 吴振华,雷琳.基于三阶段DEA模型的农业土地生态效率研究:以河南省为例[J].生态经济,2018,34(10):76-80.
- [20] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001,130(3):498-509.
- [21] Tone K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002,143(1):32-41.
- [22] 周扬,郭远智,刘彦随.中国县域贫困综合测度及2020年后减贫瞄准[J].地理学报,2018,73(8):1478-1493.
- [23] 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.
- [24] 康江江,宁越敏,魏也华,等.中国集中连片特困区农民收入的时空演变及影响因素[J].中国人口·资源与环境,2017,27(11):86-94.