

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20240407

· 资源利用 ·

中国农膜利用效率的空间差异及分布动态演进*

郭亚楠, 李芳, 李颖*

(山东农业大学经济管理学院, 泰安 271018)

摘要 [目的] 在农业种植中使用农膜能够改善和优化栽培条件, 但农膜的过量使用导致从“白色革命”变成了“白色污染”, 对自然环境的影响较大, 国家高度重视农业的绿色发展, 因而提升农膜的利用效率迫在眉睫, 不同地区农膜利用效率的差异给农业区域的协调发展带来很大的挑战, 期望以此提升农膜利用效率来促进农业高质量发展。[方法] 文章采用全局参比的非期望产出SBM模型测算2010—2019年中国各地的农膜利用效率, 并借助“ArcGIS软件”绘制农膜利用效率的空间分布格局图来考察其空间分布, 利用Theil指数和Kernel核密度估计方法考察其动态演进。[结果] (1) 中国不同地区农膜利用效率存在一定程度上的差异, 大体呈现出东部和西部农膜利用效率高, 中部农膜利用效率低的空间分布特征。(2) 在变化趋势上, 东部和西部呈现出先增后降的趋势, 中部地区的变化幅度比较稳定。(3) 中国总体农膜利用效率的Kernel密度函数中心呈现出右移的态势, 且发展过程出现“宽峰—尖峰—宽峰”的演进规律, 该结果表明, 农膜的总体利用效率在提高, 且空间差异表现出先缩小后扩大的演进趋势。[结论] 各地在提高发展的同时, 应该结合自身实际情况, 因地制宜地制定提高农膜利用效率的政策, 以促进农业区域的协调发展。

关键词 农膜利用效率 SBM模型 Kernel核密度估计 空间差异 动态演进

中图分类号: F205 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2024]04-0078-10

0 引言

中国农业生产者的农膜使用量巨大, 在农业生产中使用农膜可以改善和优化生产环境, 提高农作物的抗逆性, 帮助农作物抵抗恶劣气候, 达到早熟、高产、稳产、优质、高效的目的, 但是也会产生大量的农膜残渣, 影响土地的透水性, 会阻碍农作物吸收, 导致根系受损, 使土地品质降低, 进一步导致农产品减产等问题^[1], 给农业的可持续发展带来严峻的挑战。在当前农业可持续发展的大环境下, 农业生产效率是一个非常关键的问题, 值得高度重视。农业生产效率, 指的是在农业生产过程中, 对农业资源的利用程度, 就是农业投入与产出的比值^[2]。为此, 要对农业生产投入品中的农膜利用效率展开研究, 由于学术界还没有关于农膜利用效率的较为统一的定义, 因此将农膜利用效率定义为对农膜资源的利用程度, 即在当年的环境、政策等条件下, 农业生产过程中, 农膜投入量与农业产出之间的比值。中国幅员辽阔, 气候与土壤类别多样, 作物品种繁多, 不同区域的发展程度不同, 使得农膜利用效率的空间分布有很大的差异, 既不利于区域内环境污染控制, 也会影响农业的效益。因此, 研究中国农膜利用效率的空间差异及其动态演进规律, 对缩小农膜利用效率差异, 改善农业生态环境, 推动农业区域发展协调具有重要的现实意义。

目前的研究主要集中在全要素生产率和农业的生态效率两方面^[3-5], 对农业生产中的单要素利用效率

收稿日期: 2023-03-23

作者简介: 郭亚楠(1999—), 女, 山东烟台人, 硕士、硕士研究生。研究方向: 农业经济与政策

※通讯作者: 李颖(1983—), 女, 山东泰安人, 副教授。研究方向: 生态经济与资源经济。Email: liyingsdau@163.com

*资助项目: 国家自然科学基金项目“基于碳汇功能的粮食作物生态补偿机制研究——以小麦、玉米为例”(71503148); 国家自然科学基金项目“煤矸石—稻壳复合材料对稻田土壤砷的钝化机制研究”(42177027)

研究较少,单纯通过增加要素的投入来提高农作物的产量是不具有持续性的,因此需要增加对单要素利用效率的研究。目前对农膜利用效率的研究较少,仅集中在农膜污染治理^[6,7]与农膜回收上^[8,9],对农膜利用效率的测度研究较少。鉴于不同地区的农膜利用效率存在一定的差异性,故文章的研究目标是对农膜利用效率的空间差异及分布动态演进进行研究,以促进农膜绿色节约高效利用,从而进一步促进区域农业的协调发展。

1 研究方法 with 数据

1.1 全局参比的非期望产出 SBM 模型

该文运用全局参比的非期望产出的 SBM 模型 (Slacks-Based Measure, SBM)^[10],测算对中国各地的农膜利用效率。Pastor 等提出了全局参比的超效率 SBM 模型^[11]。

假定有 $T(t = 1, 2, \dots, T)$ 个时期与 $J(j = 1, 2, \dots, J)$ 个 DMU, 每个 DMU 都会对 x_i 种要素 ($i = 1, 2, \dots, I$) 进行投入, 生产 y_m 种期望产出 ($m = 1, 2, \dots, M$) 和 b_q 种非期望产出 ($q = 1, 2, \dots, Q$), 这些投入产出可以构成全局参比的生产可行性集, 见式 (1)。

$$P^T = \left\{ (x^t, y^t, b^t \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t x_{ij}^t \leq x_{i0}^t = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t x_{i0}^t = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t b_{jq}^t \leq b_{q0}^t) \right\} \quad (1)$$

在这个基础上, 使用规模报酬不变假设(CRS)下全局参比的非期望产出 SBM 模型, 见式 (2), 从而计算出农膜投入的松弛量。

$$\rho^T(x^t, y^t, b^t) = \min_{\lambda, s^i, s^m, s^q} \frac{1 - \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \frac{S_i^t}{X_i}}{1 + \frac{1}{R+Q} \left(\sum_{m=1}^M \frac{S_m^t}{y_m} + \sum_{q=1}^Q \frac{S_q^t}{b_q} \right)}$$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t x_{ij}^t + s_{oi}^t, \forall i; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t y_{jm}^t - s_m^t, \forall m;$$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t b_{jq}^t + s_q^t, \forall q;$$

$$S_i^t \geq 0, S_m^t \geq 0, S_q^t \geq 0, \lambda_i^t \geq 0$$

基于农膜投入松弛量, 该文借鉴 Hu 等测算全要素能源效率的方法对农膜利用效率进行计算^[12]。计算公式为:

$$EF_j^t = (F_j^t - S_{jF}^t) / (F_j^t) \quad (3)$$

式 (3) 中, EF_j^t 代表 t 时期第 j 个 DMU 的农膜利用效率、 F_j^t 代表实际农膜投入量和 S_{jF}^t 代表农膜投入松弛量。若 S_{jF}^t 的值 0, 那么农膜的利用效率就是 1。此外, 农膜利用效率的高低取决于 S_{jF}^t 与 F_j^t 之间的比值, 并不是 S_{jF}^t 的值越大农膜利用效率就越低。

1.2 Theil 指数

Theil 提出的 Theil 指数来对农膜利用效率的总体空间差异及其来源进行考察。Theil 指数的取值范围是 [0,1], 数值越接近 0 表示农膜利用效率空间差异越小, 越接近 1 表示农膜利用效率的空间差异越大。借鉴 Theil、Shorrocks 的方法进行分解^[13,14]。相关公式如下。

全国农膜利用效率总体 Theil 指数公式为:

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} \log \left(\frac{y_i}{\bar{y}} \right) \quad (4)$$

地区内部各省农膜利用效率差距的 Theil 指数公式为:

$$T_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i^k}{\bar{y}^k} \log \left(\frac{y_i^k}{\bar{y}^k} \right) \quad (5)$$

地区内 Theil 指数公式为:

$$T_w = \sum_{k=1}^m \left(\frac{n_k}{n} \times \frac{\bar{y}_k}{\bar{y}} \right) T_k \quad (6)$$

地区间 Theil 指数公式为:

$$T_b = \sum_{k=1}^m \left(\frac{n_k}{n} \times \frac{\bar{y}_k}{\bar{y}} \right) \ln \left(\frac{\bar{y}_k}{\bar{y}} \right) \quad (7)$$

总体地区差距等于地区内差距加地区间差距, 公式为:

$$T = T_w + T_b \quad (8)$$

式(4)至(8)中, y 代表各地的农膜利用效率, n 为研究样本中省份总数, y_i^k 为地区 k 内省份 i 的小农膜利用效率, n_k 为地区 k 内省份总数。借鉴刘华军等进一步定义地区内空间差异贡献率为地区内与总体 Theil 指数的比值: (T_w/T) , 地区间空间差异贡献率为地区间与总体 Theil 指数的比值^[15]: (T_b/T) 。

1.3 Kernel 密度估计方法

Kernel 密度目前已经被广泛用于分析各种效率的分布动态演进^[16,17]。假定一个随机变量 X 在点 x 的密度函数为 $f(x)$, 点 x 的概率密度估计公式为:

$$f(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K \left(\frac{X_i - x}{h} \right) \quad (9)$$

该文选用高斯核函数进行估计, 表达公式为:

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{x^2}{2} \right) \quad (10)$$

1.4 指标选取

该文将狭义农业, 即种植业作为研究对象, 选择 2010—2019 年中国 31 个省份(市、区, 未含香港、澳门和台湾省)基于相关数据对中国农膜利用效率进行测算^[18], 相关指标具体如下。

(1) 产出变量的界定。产出变量的指标包含期望产出指标与非期望产出指标。期望产出指标以各地区农业总产值表示。非期望产出为种植业生产过程中的碳排放。

(2) 要素投入指标。选取劳动力、土地、化肥、机械、农药、农膜、能源和农业用水等 8 个代表要素作为投入变量。具体解释详见表 1。

表 1 投入产出指标相关说明

	指标	解释说明
投入指标	劳动力	农林牧渔从业人员(万人)
	土地	农作物耕种总面积(千 hm ²)
	化肥	化肥投入(万 t)
	机械	农业机械总动力(万 kW/h)
	农药	农药使用量(万 t)
	农膜	农用塑料薄膜和地膜使用量(万 t)
	能源	农用柴油使用量(万 t)
	农业用水	有效灌溉面积(千 hm ²)
期望产出指标	农业总产值	地区农业总产值(亿元)
非期望产出指标	碳排放	种植业碳排放(万 t)

1.5 数据来源

该文所考虑区域是我国除台湾省、香港和澳门之外的 31 个省(市、区), 时间跨度为 2010—2019 年, 数据来自于国家统计局和历年《中国农村统计年鉴》。其中, 劳动力指标来源国家统计局, 土地、化肥、机械、农药、农膜、能源和农业用水指标数据来自《中国农村统计年鉴》。期望产出的产值指标采用 CPI 指数对农业总产值以 2010 年为基期进行平减, 剔除价格因素的影响, 单位为亿元。非期望产出的碳排放数据根据 IPCC 推荐指南和相关研究中的方法, 对 2010—2019 年我国 31 个省(市、区, 未含香港、澳门和台湾省)农业碳排总量进行测算^[19,20], 种植业生产过程中的碳排放主要来源六方面: 化肥、农药、农膜、农业机械、农业翻耕、灌溉^[21]。

2 中国农膜利用效率的空间差异

2.1 中国农膜利用效率的空间差异的可视化描述

为了准确比较和分析农膜利用的效率情况, 从而更好地研究农膜利用效率的空间差异, 将我国划分

为东部、中部、西部3个地区。东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南等11个省份；中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南和广西等10个省份；西部地区包括重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等10个省份。

中国农膜利用效率呈现出明显的空间特征差异，如表2所示。2010—2019年我国东部地区中，广东农膜利用没有出现投入浪费的现象，效率为1.00，辽宁的农膜利用效率最低，最低为2010年，利用率仅为0.239 9。北京、江苏、浙江和海南等地区省份农膜利用效率较高，均在0.50以上，天津，山东等地区农膜利用效率较低，大多年份的农膜利用效率在0.50以下。

表2 2010—2019年我国东部地区农膜利用效率

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
北京	0.547 4	0.568 0	0.602 7	0.613 7	0.702 9	0.564 8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
天津	0.328 1	0.316 1	0.371 3	0.464 0	0.532 5	0.370 2	0.607 0	0.354 3	0.490 0	0.585 1
河北	0.725 5	0.483 4	0.629 6	0.766 5	0.573 0	0.401 0	0.530 3	0.435 4	0.530 6	0.556 4
辽宁	0.239 9	0.232 0	0.261 4	0.270 5	0.285 3	0.248 8	0.351 8	0.284 6	0.311 9	0.331 8
上海	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.359 2	0.396 3	0.405 7	1.000 0	0.683 1
江苏	0.663 2	0.814 2	0.954 7	1.000 0	1.000 0	0.688 1	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
浙江	0.972 8	0.975 4	0.951 2	0.976 1	0.949 6	0.762 2	0.850 1	0.830 2	0.891 9	1.000 0
福建	0.886 2	0.960 9	1.000 0	1.000 0	0.998 5	0.884 3	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
山东	0.602 7	0.336 1	0.342 0	0.676 5	0.741 0	0.276 2	0.449 3	0.392 7	0.456 9	0.478 9
广东	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
海南	1.000 0	0.891 0	0.920 9	0.881 1	0.856 7	0.648 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0

如表3所示，2010—2019年我国中部地区广西农膜利用没有出现投入浪费的现象，效率为1，内蒙古的农膜利用效率最低，2015年时农膜利用效率达到最低，为0.208 4。黑龙江、河南、湖北、湖南等省份农膜利用效率较高，除河南在2015年时数值为0.461 5，其余各地在全部年份的利用率均在0.50以上，山西、吉林、安徽、江西等省份农膜利用效率较低，大多年份的农膜利用效率在0.50以下。

表3 2010—2019年我国中部地区农膜利用效率

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
山西	0.343 5	0.348 5	0.340 6	0.361 3	0.360 3	0.283 9	0.340 4	0.301 8	0.312 4	0.312 7
内蒙古	0.281 7	0.311 9	0.296 0	0.286 7	0.275 2	0.208 4	0.242 5	0.238 5	0.249 4	0.243 0
吉林	0.595 8	0.476 8	0.507 6	0.473 6	0.488 2	0.376 2	0.406 2	0.282 8	0.320 1	0.352 1
黑龙江	0.623 1	0.764 6	0.829 4	1.000 0	0.885 5	0.649 5	0.752 7	1.000 0	1.000 0	1.000 0
安徽	0.444 2	0.441 4	0.445 6	0.447 5	0.457 6	0.361 2	0.464 0	0.455 2	0.447 3	0.425 4
江西	0.378 5	0.393 6	0.396 9	0.407 1	0.408 4	0.324 2	0.491 0	0.491 0	0.513 4	0.523 8
河南	0.934 2	0.715 4	0.715 2	0.635 8	0.704 3	0.461 5	0.679 5	0.663 8	0.837 0	0.906 4
湖北	0.653 0	0.838 9	0.981 0	1.000 0	0.850 2	0.593 5	0.960 3	0.976 8	1.000 0	1.000 0
湖南	0.896 1	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.627 9	1.000 0	0.743 1	0.751 5	0.781 6
广西	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.591 3	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0

如表4所示，2010—2019我国西部云南的农膜利用效率最低，最低为2010年时，利用率仅为0.212 9。西藏、陕西和新疆等省份农膜利用效率较高，除2016年西藏的农膜利用效率为0.458 1，2015年新疆的农膜利用效率为0.320 1，其余时间每个省份的农膜利用效率均在0.50以上，甘肃、青海和宁夏等省份农膜利用效率较低，大多年份的农膜利用效率在0.50以下。

表4 2010—2019年我国西部地区农膜利用效率

地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
重庆	0.378 4	0.403 7	0.428 6	0.427 3	0.435 2	0.337 3	0.478 7	0.475 4	0.553 3	0.632 4
四川	0.382 0	0.382 6	0.405 0	0.411 6	0.419 1	0.324 9	0.560 1	0.676 2	0.768 3	0.781 8
贵州	0.452 0	0.321 1	0.370 0	0.380 5	0.617 1	0.417 8	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0
云南	0.212 9	0.221 0	0.240 2	0.260 8	0.270 7	0.215 9	0.271 0	0.261 8	0.289 8	0.301 9
西藏	0.978 9	0.886 6	0.797 7	0.706 6	0.618 7	0.503 0	0.458 1	0.683 6	0.722 9	0.911 1
陕西	0.666 8	0.759 0	0.805 1	0.844 1	1.000 0	0.699 8	0.991 0	0.987 6	1.000 0	1.000 0
甘肃	0.401 1	0.431 4	0.464 4	0.445 2	0.375 5	0.122 1	0.234 7	0.122 0	0.119 1	0.128 2
青海	0.572 0	0.342 5	0.385 8	0.355 1	0.337 4	0.246 7	0.311 2	0.308 0	0.356 7	0.348 0
宁夏	0.352 8	0.295 2	0.308 7	0.305 7	0.310 9	0.247 4	0.337 9	0.329 9	0.363 5	0.349 6
新疆	1.000 0	0.764 3	1.000 0	1.000 0	0.584 4	0.320 1	0.649 6	0.634 3	1.000 0	1.000 0

在样本考察期内，农膜利用效率最高出现在我国东部地区的广东省，没有出现投入浪费的现象，农膜利用效率最低出现在我国西部的甘肃地区，多次出现利用率为0.12的情况。

为了更好地刻画中国农膜利用效率的空间分布格局，该文借助了ArcGIS平台，绘制了2010—2014年、2015—2019年两个时期中国农膜利用效率的空间分布格局（图1）进行对比，以5年为一个期限，对中国农膜利用效率的空间差异情况进行可视化分析。

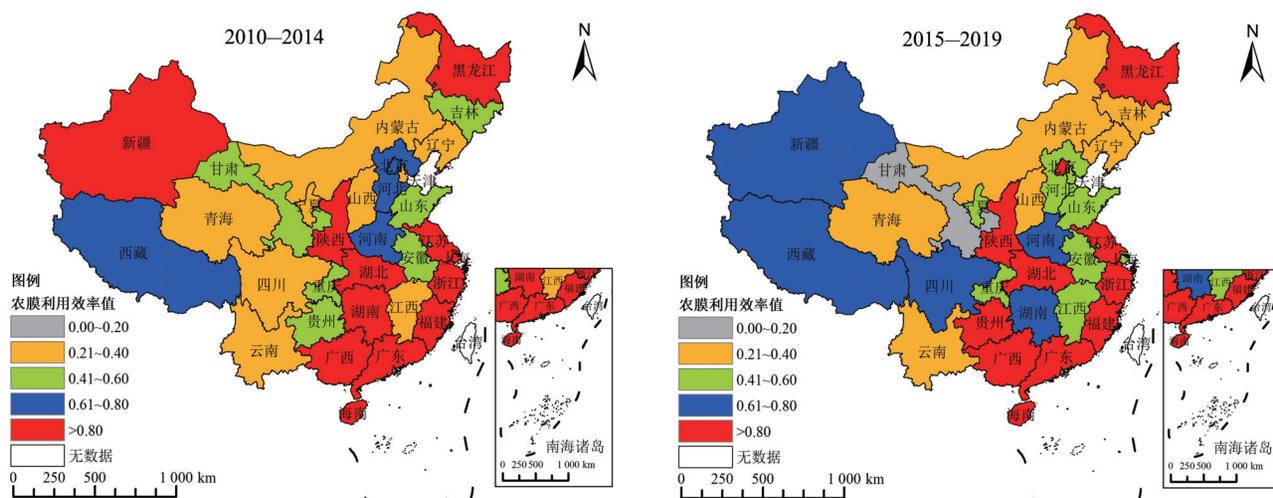


图1 2010—2014年和2015—2019年农膜利用效率空间分布格局

该图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2020)4619号的标准地图制作,底图无修改

根据图1可得，在样本考察期内，农膜利用效率的总体空间差异表现出有升有降的过程。在变化趋势上，西部地区的农膜利用效率表现出下降的趋势，中东部地区的农膜利用效率变化幅度相对较小。从整体来看，我国农膜利用效率总体趋势呈现波动但缓慢上升的趋势，但仍有很大的上升空间。我国农膜利用效率在整体上呈现出东部西部农膜利用效率高，中部农膜利用效率低的特点。

具体来看，该文利用Excel分别制作了两个时期3个地区的农膜利用效率的堆积柱状图，显示整体的各个地方的农膜利用效率如何随时间的变化发生变化。图2a刻画了我国东部地区两个时期的农膜利用效率，在我国东部地区北京、天津、辽宁、江苏、福建、海南等省份出现了农膜利用效率的上升，其中北京的增幅最大，提升了1.53。河北、上海、浙江、山东等省份出现了利用率的下降，其中上海地区的降幅最大，为2.16。图2b刻画了我国中部地区两个时期的农膜利用效率，其中，黑龙江、江西、湖北等省份的农膜利用效率呈上升趋势，山西、内蒙古、吉林、安徽、河南、湖南、广西等省份的农膜利用效率呈

下降趋势, 湖南的农膜利用效率下降最为严重, 为 1.00。图 2c 刻画了我国西部地区两个时期的农膜利用效率, 具体来看, 重庆、四川、贵州、云南、陕西、宁夏等省份的农膜利用效率得到提高, 尤其是四川和贵州, 分别提升 2.11 和 2.28。西藏、甘肃、青海、新疆的农膜利用效率出现了下降的情况, 最明显的为甘肃, 其农膜利用效率下降了 1.37。

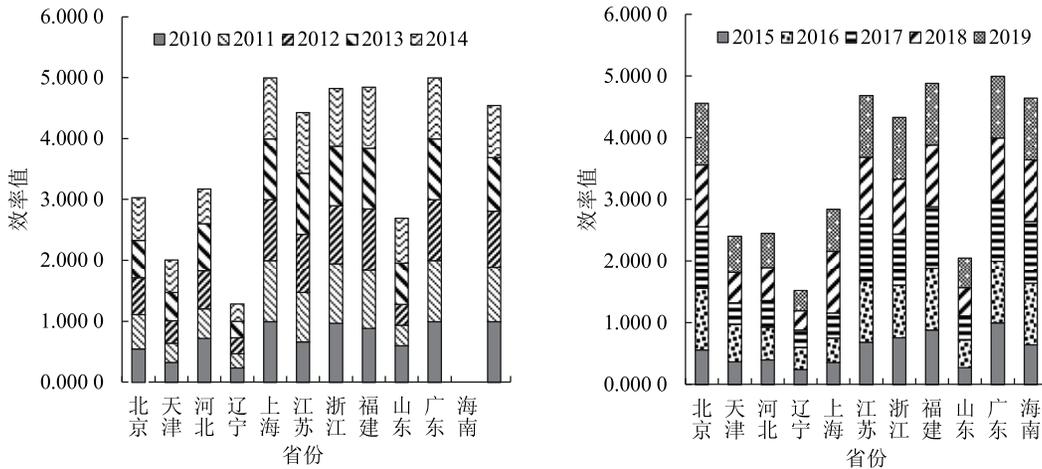


图 2a 2010—2014 年和 2015—2019 年我国东部农膜利用效率

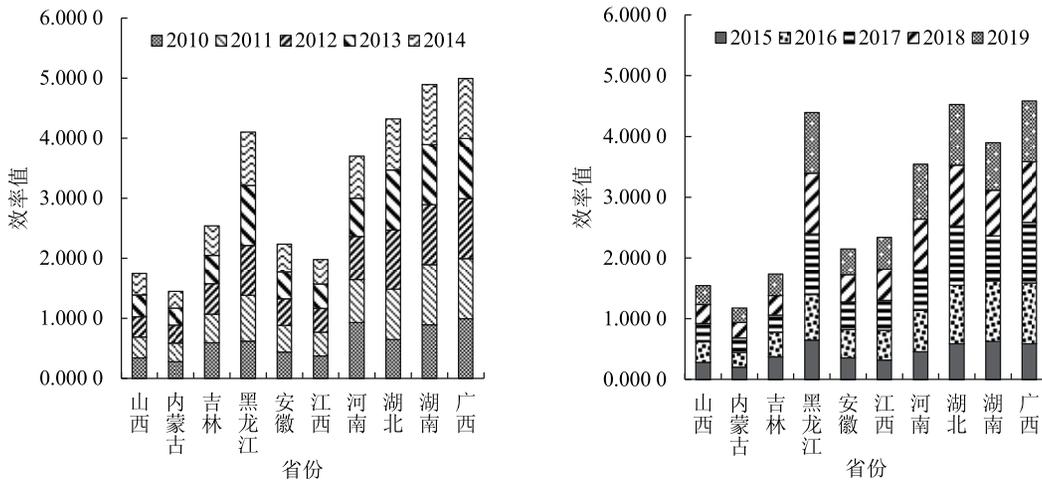


图 2b 2010—2014 年和 2015—2019 年我国中部地区农膜利用效率

2.2 农膜利用效率空间差异的程度及来源

为了进一步厘清农膜利用效率的空间差异的来源, 该文将全国划分东、中、西 3 部分, 利用 Theil 指数测算了农膜利用效率的总体空间差异。图 3 描述了 2010—2019 年农膜利用效率的总体空间差异、地区间差异及地区内差异的变化趋势。具体来看, 2010—2014 年呈下降趋势, 2015—2017 年呈上升趋势, 2018—2019 年则呈下降趋势。农膜利用效率的总体空间差异程度在 0.085~0.120, 在 2017 年的农膜利用效率的空间差异最大。由图 5 可知, 就差别程度而言, 农膜利用效率的空间差异的来源主要体现在地区内差异, 中国农膜的利用效率的地区内部差别始终大于地区外部。从变化趋势来看, 农膜利用效率的地区内差异与整体空间差异表现出先下降后上升再下降的态势, 只是地区之间的差别变动幅度较小, 这说明导致农膜利用效率的空间差别的主要因素难以归结为在短时间内各区域之间的差距。图 4 刻画了我国三大地区的农膜利用效率差异对总体空间差异的贡献程度。三大地区对农膜利用效率差异的贡献程度都比较平均, 具体来看, 东部地区的农膜利用效率差异度的贡献程度波动较大, 2010—2014 年大致呈下降趋势,

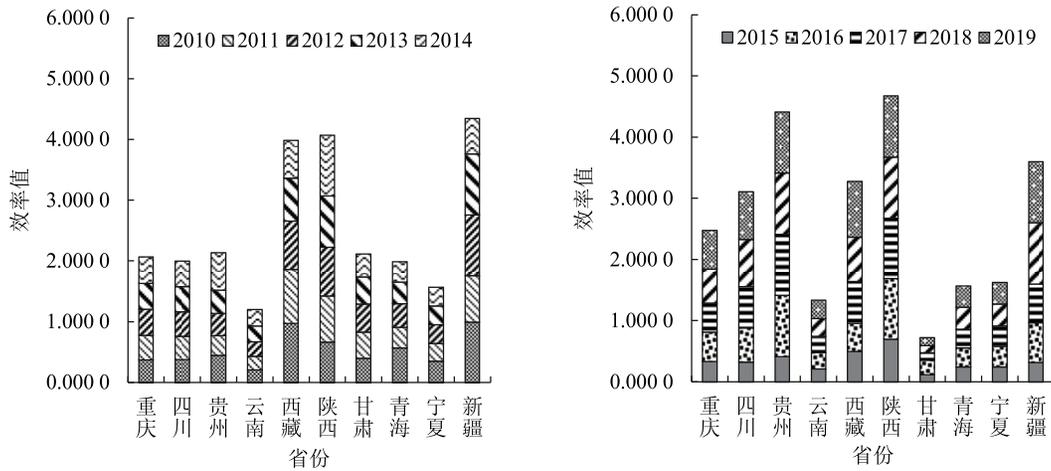


图2c 2010—2015年和2015—2019年我国西部地区农膜利用效率

2014—2015年大致呈上升趋势，2016—2019年大致呈下降趋势，2015年的贡献程度最大。中部地区的农膜利用效率的差异程度与东部地区相反，2010—2014年大致呈上升趋势，2014—2015年大致呈下降趋势，2016—2019年大致呈上升趋势。西部地区的农膜利用效率的差异程度一直呈上升趋势，在2015年超越东部和中部地区，贡献度在39%~47%，原因可能在于近年来西部地区特色农业的发展，西部地区各地的农产品生产种植结构存在的差异导致对农膜的需求量存在差异，从而使得地区内农膜利用效率差异变大。综上所述，在2015年之前，东部地区和中部地区农膜利用效率的差异程度对总体空间差异影响变大，2015年之后的农膜利用效率总体空间差异主要是西部地区内差异造成的。

3 农膜利用效率的分布动态演进

为了更加直观描述中国农膜利用效率的分布动态演变过程，该文采用Kernel核密度估计方法分析农膜利用效率的动态演进。Kernel核密度估计方法是用平滑的峰值函数来对样本数据进行拟合，具有较强的稳健性的同时对模型依赖性较弱^[22]。该文利用Matlab软件绘制了Kernel核密度三维透视图来分析样本考察期内全国整体及三大地区的农膜利用效率的空间分异动态，如图5~8所示。在分布位置上，全国总体，峰值向右移动，说明全国总体的农膜利用效率水平得到了提高，西部和东部的峰值呈现出“左移—右移—左移”的态势，即农膜的利用效率表现出先降后增再降的过程，对于中部而言，移动趋势相对稳定，这说明农膜的利用效率提升比较缓慢。在分布形态上，全国总体和中部地区的演进特征在主峰宽度呈“变窄—增宽”，表明农膜的利用效率空间差异表现出先缩小后扩大的趋势，东部地区

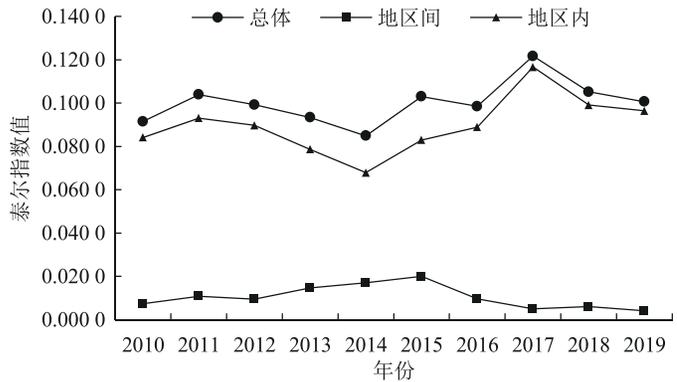


图3 2010—2019年我国农膜利用效率总体、地区间及地区内的差异

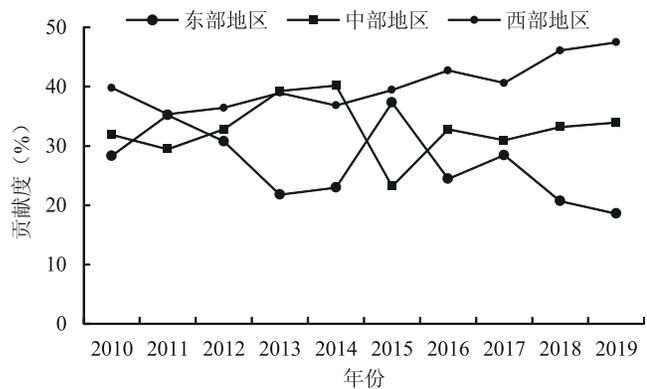


图4 2010—2019年我国东中西部地区的空间差异贡献程度

和西部地区主峰宽度出现“变窄—变宽—变窄—变宽”的演进特征,说明该地区内农膜利用效率差异明显。在分布波峰数量上,全国总体在2013年以前基本都处于一个“单峰”状态,2013年之后,出现“主峰”和“侧峰”,呈现出两极分化的现象。中部地区基本都处在“单峰”状态,说明中部地区农膜利用效率差异较小。我国东部地区和西部地区在2016年以前多峰形态明显,说明存在多极分化现象,2016年以后,由“多峰”状态向“单峰”状态过渡,说明农膜利用效率的多极分化现象正在减弱。

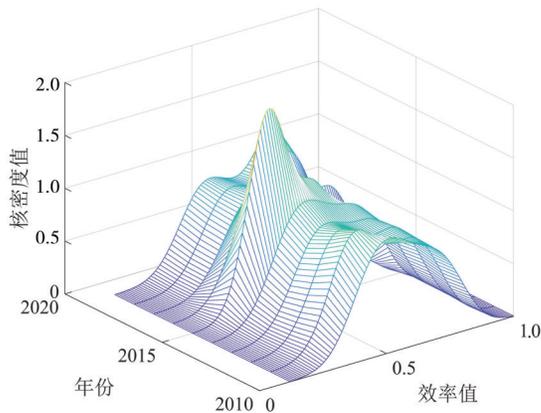


图5 2010—2019年全国农膜利用效率 Kernel 密度三维透视

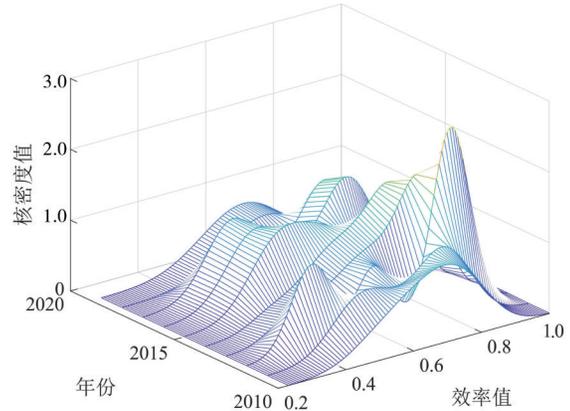


图6 2010—2019年东部农膜利用效率 Kernel 密度三维透视

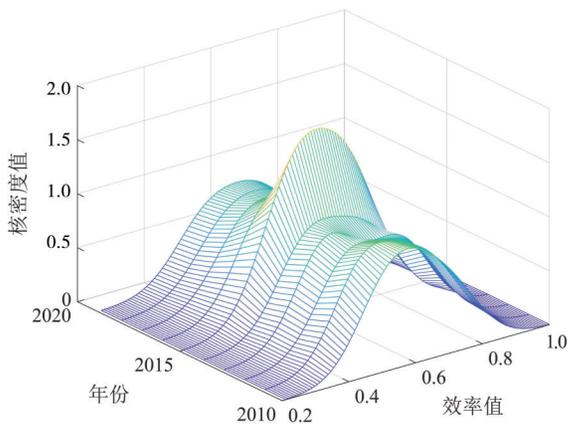


图7 2010—2019年中部农膜利用效率 Kernel 密度三维透视

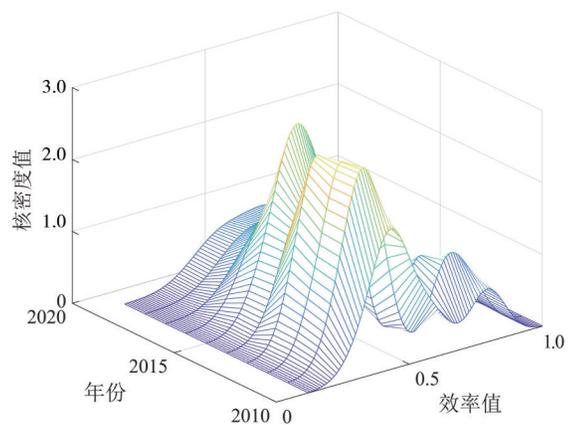


图8 2010—2019年西部农膜利用效率 Kernel 密度三维透视

4 结论与建议

4.1 结论

该文运用全局参比的非期望产出SBM模型对中国各地农膜的利用率进行了测算,在此基础上,利用ArcGIS软件和Excel工具绘制了农膜利用效率的柱状堆积图考察农膜利用效率的分布格局,并通过Theil指数和Kernel核密度估计方法考察了农膜利用效率的分布动态演进。结果表明如下。

(1) 中国农膜利用效率在变化趋势从整体来看,农膜利用效率总体趋势呈现波动但缓慢上升的趋势,但总体农膜利用效率仍有很大的上升空间。不同地区农膜利用效率存在一定程度上的差异,大体呈现出东部和西部农膜利用效率高,中部农膜利用效率低的空间分布特征。

(2) 中国农膜的利用效率的空间差异主要是表现在地区内的差异,东部和西部的空间差异变化呈现出先增后降的趋势,中部地区的变化幅度相对稳定;农膜利用效率的地区内差异与总体空间差异的变化

趋势都呈现出先下降后上升再下降的变化趋势,地区间的差异变化幅度则比较小。

(3) 中国总体农膜利用效率的 Kernel 核密度函数中心呈现出右移的态势,且发展过程出现“宽峰—尖峰—宽峰”的演进规律,该结果表明,农膜的总体利用效率在提高,且空间差异表现出先缩小后扩大的演进趋势。

4.2 建议

基于以上结论,该文认为在提升农膜利用效率时,不仅要关注提高农膜利用效率方面,也要注意其均衡性和可持续性,从而推动农业区域的协调发展。具体的对策建议如下。

(1) 中部地区的农膜利用效率最低,所以应该把中部地区作为提升农膜利用效率的重要地区。中部6省份作为中国重要的商品粮生产地,农民为了提高农产品的产量,都采取相同的农膜覆盖方法,农膜利用效率的提升空间大,所以需要针对中部不同省份农业发展水平和土地种植布局的特点,采用差别化的方法等途径进行改善。

(2) 重视农膜利用效率提效过程中的内部发展情况,特别是中部地区,针对中部地区各地的发展情况、土壤条件和种植布局情况,采取差别化的方式,提高低省份地区的农膜利用效率。

(3) 依靠农膜利用效率高地区的溢出效应和空间影响作用,发挥东部和西部地区的辐射和带动作用,借助自身的优势,农业技术专家开展相关座谈会,技术人才前往中部地区进行实地考察教学,来促进中部地区农膜利用效率的提高。

(4) 在可持续发展的背景下,提高农膜利用效率的同时也应该注意到农膜的回收利用问题。通过改善农膜的质量,从源头进行控制,使其不容易破碎或更易降解,减少了回收的困难,降低了回收的费用,并降低了农膜的处理和再生利用的费用。

(5) 以政府为主导,加强对不合格农膜的市场监督,加大对新农膜的生产、销售力度,加大宣传、引导,结合中国国情,采取以旧换新、示范推广等多种形式的新型农膜制度^[23],提高农户的积极性,加强政策和舆论引导,落实以奖代补扶持政策,从而实现以奖促治。

参考文献

- [1] 石秋瑾,刘彤.静海区农膜回收利用存在的问题及对策建议.现代农村科技,2022(10): 104-105.
- [2] 邢慧茹,张晚骏,邓义.农业生产效率与其影响因素相关关系实证分析——基于湖北省数据.中国农业资源与区划,2016,37(12): 198-203.
- [3] 李谷成.中国农业的绿色生产率革命:1978—2008年.经济学(季刊),2014,13(2): 537-558.
- [4] Robaina-Alves M, Moutinho V, Macedo P. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. Journal of Cleaner Production, 2015, 103: 562-573.
- [5] 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.中国农村经济,2018(1): 46-62.
- [6] 李景虹.加强农膜残留污染防治,加快推广全生物降解地膜.科技导报,2022,40(15): 1.
- [7] 严昌荣,刘勤,何文清,等.我国农田地膜残留污染的解决之道在哪儿.中国农业综合开发,2021(10): 18-21.
- [8] 张鑫,全淑苗.基于中国政策的废旧农膜回收再利用现状研究.中国塑料,2022,36(7): 136-142.
- [9] 杜涛,宋莉,罗思,等.我国废旧地膜回收利用及相关标准现状分析.再生资源与循环经济,2020,13(5): 24-26.
- [10] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [11] Pastor J T, Lovell C A K. A global malmquist productivity index. Economics Letters, 2005, 88(2): 266-271.
- [12] Hu J L, Wang S C, Yeh F Y. Total-factor water efficiency of regions in China. Resources Policy, 2006, 31(4): 217-230.
- [13] Theil H. Economics and Information Theory. Amsterdam: North Holland, 1967.
- [14] Shorrocks A F. The class of additively decomposable inequality measures. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 1980, 48(3): 613-625.
- [15] 刘华军,杜广杰.中国经济发展的时空格局及分布动态演变——基于城市 DMSP/OLS 夜间灯光数据的研究.中国人口科学,2017(3): 17-29, 126.

- [16] 刘华军, 乔列成, 孙淑惠. 黄河流域用水效率的空间格局及动态演进. 资源科学, 2020, 42(1): 57-68.
- [17] 杨骞, 刘鑫鹏, 王珏. 中国战略性新兴产业创新效率的测度及其分布动态. 广东财经大学学报, 2020, 35(2): 20-34.
- [18] 葛鹏飞, 王颂吉, 黄秀路. 中国农业绿色全要素生产率测算. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5): 66-74.
- [19] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(8): 80-86.
- [20] 胡婉玲, 张金鑫, 王红玲. 中国农业碳排放特征及影响因素研究. 统计与决策, 2020, 36(5): 56-62.
- [21] 丁宝根, 赵玉, 邓俊红. 中国种植业碳排放的测度、脱钩特征及驱动因素研究. 中国农业资源与区划, 2022, 43(5): 1-11.
- [22] 刘华军, 孙淑惠, 李超. 环境约束下中国化肥利用效率的空间差异及分布动态演进. 农业经济问题, 2019(8): 65-75.
- [23] 龙昭宇, 杨紫洪, 张康洁, 等. 中国地膜污染防治政策结构与演进——基于1990—2020年政策文本的量化分析. 中国农业资源与区划, 2022(1): 141-152.

SPATIAL DIFFERENCES AND DYNAMIC EVOLUTION OF DISTRIBUTION OF AGRICULTURAL FILM UTILIZATION EFFICIENCY IN CHINA *

Guo Yanan, Li Fang, Li Ying*

(School of Economics and Management, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China)

Abstract The use of agricultural film in agricultural planting can improve and optimize the cultivation conditions. But the excessive use of agricultural film has changed "white revolution" into "white pollution", which has a great impact on the natural environment. The government attaches great importance to the green development of agriculture. So it is urgent to improve the utilization efficiency of agricultural film. The difference in agricultural film utilization efficiency in different regions brings great challenges to the coordinated development of agricultural regions. Therefore, it is expected to promote the high-quality development of agriculture by improving the efficiency of agricultural film utilization. The global reference undesired output SBM model was used to calculate the agricultural film utilization efficiency of various provinces (regions) in China from 2010 to 2019, and the spatial distribution pattern of agricultural film utilization rate was drawn with the help of "ArcGIS" to investigate its spatial distribution. Its dynamic evolution was investigated by Theil index and Kernel density estimation. The results show that: (1) There are certain differences in the utilization rate of agricultural film in different regions of China, which generally show the spatial distribution characteristics of high agricultural film utilization in the east and west and low agricultural film utilization in the central region. (2) In terms of the change trend, the eastern and western regions show a first increasing and then decreasing trend, and the change amplitude in the central region was relatively stable. (3) The Kernel density function center of China's overall agricultural film utilization efficiency shows a trend of rightward shift, and the evolution law of "wide peak-spike-wide peak" appears in the development process, which shows that the overall utilization efficiency of agricultural film is increasing, and the spatial difference shows a first shrinking and then expanding evolution trend. While improving development, each province should formulate policies to improve the utilization rate of agricultural film according to its own actual conditions and local conditions, so as to promote the coordinated development of agricultural regions.

Keywords utilization efficiency of agricultural film; SBM model; Kernel density estimation; spatial difference; dynamic evolution