

丁宝根,王怡婷. 基于熵权 TOPSIS 模型的我国农业绿色发展水平评价及影响因素分析[J]. 江苏农业科学,2023,51(17):248-256.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.17.034

基于熵权 TOPSIS 模型的我国农业绿色发展水平评价及影响因素分析

丁宝根,王怡婷

(东华理工大学,江西南昌 330013)

摘要:为构建农业绿色发展水平评价指标体系,对 2011—2020 年我国农业绿色发展水平进行测度[因香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾地区(简称港澳台地区)数据缺失,故选择全国及 31 个省(市、区)作为研究对象],探究其时空演变特征,并以相对贴进度和阻碍度作为研判标准,分析影响农业绿色发展水平相关因素,以期为推动我国农业绿色发展提供参考。采用熵权 TOPSIS 模型、阻碍度模型进行分析。结果表明,2011—2020 年全国农业绿色发展水平在时序上持续改善,水平综合评分涨幅较大,相比 2011 年,2020 年水平综合评分涨幅达 679.35%;一级指标综合评分波动幅度存在差异性,其中质量高效评分涨幅最大;2011—2020 年全国农业绿色发展水平在空间上呈现较大的省际差异性,31 个省(市、区)农业绿色发展水平及水平改善程度存在较大差距,北京、上海等地水平较高,河南、贵州等地水平较低;农业绿色发展一级指标相对贴进度整体提高,生态保育对农业绿色发展水平优化程度最大;一级指标阻碍度均有所下降,资源节约是阻碍农业绿色发展水平改善的主要因素。2011—2020 年全国及 31 个省(市、区)农业绿色发展水平整体处于增长阶段,但农业绿色发展水平及其改善程度存在省际差异性,应引导各主体协同推进农业绿色发展,并通过完善农业绿色发展支撑体系、实施差异化农业绿色发展策略等措施推动不同地区齐头并进,进而提高农业绿色发展整体水平。

关键词:熵权 TOPSIS;农业绿色发展水平;影响因素;阻碍度

中图分类号:S181;F323 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)17-0248-09

绿色是农业的底色,“推进农业绿色发展,营造良好生态环境”既是贯彻落实生态文明建设的具体要求,也是全面推进乡村振兴的主要内容,更是满足人们对美好生活追求的重要举措。长期以来,“高耗能、高污染、高排放”的传统农业生产方式导致生态环境破坏、农业面源污染加剧、耕地地力下降、农业绿色产出效益低下等,农业发展与生态环境保护之间的矛盾仍较突出,亟须推动农业向绿色

化转型升级。党的十八大以来,我国高度关注生态文明建设,特别是党的十八届五中全会提出五大发展理念后,“绿色发展理念”逐渐成为全党全社会的共识,为农业绿色发展奠定了良好基础。2021 年农业农村部等多部门联合发布《“十四五”全国农业绿色发展规划》,列出农业绿色发展重点任务清单,要求目标同向、资源同聚、力量同汇,共同推进农业绿色发展。2022 年中央一号文件明确提出要推进农业农村绿色发展,从加强农业面源污染综合治理、建设国家农业绿色发展先行区等方面入手。在此背景下,农业绿色发展相关研究引起了学术界的广泛关注。农业绿色发展是以经济效益、环境效益、社会效益的协调发展为目标,采用先进的农业设施、技术和理念,提高资源合理化利用水平,实现农

收稿日期:2022-09-29

基金项目:国家社会科学基金(编号:19CJY040);江西省高校人文社会科学项目(编号:JJ20208);江西省抚州市社会科学规划项目(编号:21SK06)。

作者简介:丁宝根(1985—),男,江西南昌人,博士,副教授,从事资源与产业绿色低碳高质量发展研究。E-mail:592852935@qq.com。

[25]刘俊英,回金峰,孙梦瑶,等. 施磷水平和接种 AMF 与解磷细菌对苜蓿产量及磷素利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(19):142-149.

[26]Wahid F,Fahad S,Danish S,et al. Sustainable management with mycorrhizae and phosphate solubilizing bacteria for enhanced phosphorus uptake in calcareous soils[J]. Agriculture,2020,10(8):334.

[27]梁文举,董元华,李英滨,等. 土壤健康的生物学表征与调控[J]. 应用生态学报,2021,32(2):719-728.

[28]王永壮,陈欣,史奕,等. 低分子量有机酸对土壤磷活化及其机制研究进展[J]. 生态学杂志,2018,37(7):2189-2198.

[29]Etesami H,Jeong B R,Glick B R. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi,phosphate-solubilizing bacteria,and silicon to P uptake by plant[J]. Frontiers in Plant Science,2021,12:699618.

业全过程全方位的绿色化^[1-2]。不少学者基于多维度构建农业绿色发展评价指标体系,如魏琦等从国家层面^[3-4],赵会杰等从粮食主产区、黄河流域等区域层面^[5],郭蓓等从北京、河南等省(市)层面,基于资源节约、环境友好、生态保育、质量高效、产品供给、乡村发展等维度构建评价指标体系,对农业绿色发展水平进行评价^[6-8]。在农业绿色发展水平测度方面,常用的研究方法包括层次分析法、专家调查法等主观赋权法以及熵权法、TOPSIS 法等客观赋权法 2 类。孙炜琳等较创新的采用定量与定性相结合,以定量指标得分及定性指标得分的加权总和测算农业绿色发展水平^[9]。总体而言,现有研究从不同范围、不同方法对农业绿色发展领域进行较深入的探索,为本研究奠定了理论基础和重要参考,但还存在以下不足:一是多数研究将重点放在评价指标体系构建以及水平测算上,鲜有对农业绿色发展水平贴近度和阻碍度的探究;二是已有文献多从时序或空间方面分析农业绿色发展水平变化趋势,未能整合视角,开展同一时期农业绿色发展的时空演变特征分析并不多见。本研究基于已有研究成果及相关政策文件,构建融合资源节约、环境友好、生态保育、质量高效 4 个维度的农业绿色发展水平评

价指标体系,运用熵权 TOPSIS 模型测算 2011—2020 年全国及 31 个省(市、区)(港澳台地区数据缺失,故不列入研究对象范畴)农业绿色发展水平,分析农业绿色发展水平存在的时空演变特征,并以相对贴近度和阻碍度作为研判标准,分析影响农业绿色发展水平的相关因素,以期为我国农业绿色高质量发展提供决策参考。

1 指标体系、研究方法与数据来源

1.1 农业绿色发展水平评价指标体系

现有文献中多数评价指标体系都包含资源节约与环境友好 2 个评价维度,而其余评价维度各有侧重点,如经济提升、农民生活、绿色供给、人居环境等^[3-23]。因此,本研究在结合《国家农业可持续发展试验示范区(农业绿色发展先行区)管理办法(试行)》《“十四五”全国农业绿色发展规划》等政策文件,并考虑相关统计数据的可获得性与实用性后,认为生态环境保护、农业绿色产出效益应是农业绿色发展题中应有之义,故选择资源节约、环境友好、生态保育以及质量高效作为一级指标,耕地复种指数、单位农业产值耗水量等作为二级指标,构建农业绿色发展评价指标体系(表 1)。

表 1 农业绿色发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	指标衡量方式	计量单位	指标含义	指标类型
资源节约	耕地复种指数	全年作物总播种面积/总耕地面积	%	反映土地资源利用强度	负向
	单位农业产值耗水量	农业用水量/农林牧渔总产值	m ³ /元	反映水资源利用效益	负向
	单位播种面积农机总动力	农机总动力/全年作物总播种面积	W/hm ²	反映农业机械使用情况	负向
	节水灌溉面积比重	节水灌溉面积/有效灌溉面积	%	反映节水设施利用效率	正向
环境友好	农药施用强度	农药施用量/全年作物总播种面积	kg/hm ²	反映农药施用量	负向
	化肥施用强度	农用化肥施用量/全年作物总播种面积	kg/hm ²	反映化肥施用量	负向
	农膜使用强度	农用塑料薄膜使用量/全年作物总播种面积	kg/hm ²	反映农膜使用量	负向
	农业化学需氧量(COD)排放强度	农业 COD 排放量/农业用水量	kg/m ³	反映水中有机污染物状况	负向
生态保育	自然保护区面积占比	自然保护区面积/辖区面积	%	反映自然生态环境保护情况	正向
	成灾比例	农作物成灾面积/全年作物总播种面积	%	反映农业生产抵御农业灾害的能力	负向
	水土流失治理面积	水土流失治理面积	×10 ³ hm ²	反映对水土流失治理的程度	正向
	森林覆盖率	森林面积/土地面积	%	反映森林资源的丰富程度	正向
质量高效	单位面积绿色食品标志产品数量	绿色食品标志产品数量/耕地面积	个/10 ³ hm ²	反映农产品品牌质量	正向
	农民人均纯收入	农村居民人均可支配收入 - 农民人均总支出	元/人	反映农民收入水平/生活质量	正向
	单位播种面积农业总产值	农业总产值/全年作物总播种面积	元/hm ² , 2011 年价格	反映粮食生产效率	正向
	劳动生产率(以人均产值计)	农业总产值/第一产业就业人数	元/人, 2011 年价格	反映农业生产效率	正向

1.1.1 资源节约 农业绿色发展强调农业资源利用的高效化、合理化、可持续化,农业发展过程中土地资源、水资源、农业机械、节水设施等资源要素的

利用或使用强度对农业生产影响重大。推进耕地质量提升、农业用水损耗减少、农业机械化水平改善以及节水灌溉面积扩大,能够有效促进农业绿色

发展水平提高。故选用耕地复种指数、单位农业产值耗水量、单位播种面积农机总动力以及节水灌溉面积比重作为二级指标来反映农业资源利用效率。

1.1.2 环境友好 传统粗放型农业往往是“高耗能、高污染、高排放”的生产方式,导致生态环境破坏,农业污染加重,食品安全难以保障等。减少化肥、农药等生产要素的投入量,提高农用薄膜回收利用水平,控制农业源污染物排放量,有利于推动传统农业向绿色农业发展,故选用农药施用强度、化肥施用强度、农膜使用强度以及农业 COD 排放强度作为二级指标来反映农业环境友好程度。

1.1.3 生态保育 建设自然保护区、加强森林资源修复,能够涵养水源,保持土壤,加强区域生态安全屏障建设;提高抵御自然灾害的能力,降低农业成灾比例,能够稳定农业产出,确保粮食安全,增强农民耕作信心;治理水土流失能够保证农业生产基础,提高农业环境承载力。故选用自然保护区面积占比、成灾比例、水土流失治理面积以及森林覆盖率作为二级指标来反映农业生态保护情况。

1.1.4 质量高效 农业产出效益是促进农业绿色发展水平提升的主要动力。绿色食品认证数量增多反映出市场需求扩大,消费者逐渐建立起对绿色食品的消费偏好,有利于倒逼农业生产结构优化调整;农民人均收入提高能够使农民拥有更多资金用于农业绿色生产方式;农业生产效率、土地利用效率提高是扩大农业产出效益的有效途径。故选用单位面积绿色食品标识产品数量、农民人均纯收入、单位播种面积农业总产值以及劳动生产率作为二级指标来反映农业产出效益。

1.2 研究方法

1.2.1 熵权 TOPSIS 模型 TOPSIS 模型是一种较实用的基于多目标的决策(评价)方法,其通过测算评价目标与“最优方案”的贴近度实现对评价目标的优劣排序。但传统的 TOPSIS 模型主要依靠专家意见来确定权重,评价结果易出现偏差。因此,本研究引入熵权法,建立熵权 TOPSIS 模型,利用熵权法依据指标所提供的信息量及联系程度来确定指标权重的客观性,避免因主观因素所导致的权重设置偏误情况,对 2011—2020 年我国农业绿色发展水平进行测算评价。具体计算步骤如下:

(1) 设定评价对象的指标初始值为 x_{ij} , 其中 $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; m$ 表示评价指标数; n 表示被评价对象,对初始数据进行标准化处理,公式如下。

正向指标标准化:

$$X_{ij} = (x_{ij} - \min x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij});$$

负向指标标准化:

$$X_{ij} = (\max x_{ij} - x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij})。$$

(2) 计算指标比重:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{j=1}^n X_{ij}}。$$

(3) 计算信息熵:

$$E_j = -(1/\ln n) \sum_{j=1}^n P_{ij} (\ln P_{ij})。$$

(4) 计算指标权重:

$$W_i = \frac{1 - E_i}{\sum_{i=1}^m (1 - E_i)}。$$

(5) 计算农业绿色发展综合评分:

$$F_{ij} = \sum_{i=1}^m W_j P_{ij}。$$

(6) 构建加权决策矩阵:

$$Z = (z_{ij})_{m \times n} = W_j X_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)。$$

(7) 确定正理想解 Z^+ 与负理想解 Z^- :

$$Z^+ = \{ \max_{1 \leq i \leq m} z_{ij} | i = 1, 2, \dots, m \} = \{ z_1^+, z_2^+, \dots, z_m^+ \};$$

$$Z^- = \{ \min_{1 \leq i \leq m} z_{ij} | i = 1, 2, \dots, m \} = \{ z_1^-, z_2^-, \dots, z_m^- \}。$$

(8) 计算指标与正理想解、负理想解的欧氏距离:

$$D_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_{ij} - z_i^+)^2};$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_{ij} - z_i^-)^2}。$$

(9) 计算指标与理想解的相对贴近度:

$$C_i = \frac{D_j^-}{D_j^+ + D_j^-} \quad C_i \in [0, 1]。$$

其中: C_i 表示相对贴近度,即各年评价对象与最优方案的接近程度,数值越大,则表示该年份农业绿色发展水平越靠近最优水平。

1.2.2 阻碍度模型 在对农业绿色发展进行评价的过程中,不仅要评价农业绿色发展水平进行测度,更需要识别阻碍农业绿色发展的主要因素,并有针对性地调整和制定农业绿色发展相关政策及措施,减弱农业绿色发展阻力,促进水平快速提升。因此,本研究将阻碍度模型引入农业绿色发展评价,以分析各指标对农业绿色发展的阻碍程度,具体公式为

$$O_i = \frac{I_i \cdot W_i}{\sum_{i=1}^m (I_i \cdot W_i)}, I_i = 1 - X_{ij}。$$

式中: O_i 表示阻碍度,即各指标对农业绿色发展水

平的影响程度; O_i 越大对农业绿色发展的阻碍程度越大; I_i 表示指标偏离度,即单个指标与系统发展目标之间的差距,用指标标准化后的数值与 1 之差表示; W_i 表示单个指标对系统发展目标的贡献程度,用指标权重表示。

1.3 数据来源

本研究所构建的农业绿色发展水平评价指标体系共包含 16 个指标,评价对象为全国及 31 个省(市、区)的农业绿色发展水平(港澳台地区数据缺失,故不列入研究对象范畴),评价时间为 2011—2020 年。本研究所使用的统计数据主要来源于 2011—2020 年《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国生态环境状态公报》,部分数据来自各省(市、区)2011—2020 年的统计年鉴,残缺数据通过加权平均等方法进行补充。

2 结果与分析

2.1 农业绿色发展水平时序演变特征

根据熵权法计算出 2011—2020 年全国农业绿色发展水平,测算结果如表 2 所示。农业绿色发展水平综合评分越高,说明该地区农业绿色发展水平越高,反之评分越小,则说明该地区农业绿色发展水平越低。

由表 2 可知,全国农业绿色发展水平时序上呈现出日益改善的发展趋势,2020 年全国农业绿色发展水平综合评分为 0.278,较 2011 年提高 0.242,增幅达 679.35%。2011—2020 年农业绿色发展水平综合评分变化呈现明显的两阶段特征:第一,2011—2015 年因农业绿色发展刚刚起步,尚处于发展初期,水平增长速度整体较慢,全国农业绿色发展水平在波动中略有改善。党的十八大以前农业绿色发展水平一度出现倒退的情况,之后则呈现逐年改善的态势,年均增速为 3.03%。第二,2016—2020 年全国农业绿色发展水平综合评分在经历了一段快速增长长期后,增长速度有所回落,年均增速达 31.76%,可见近年来我国农业绿色发展取得了显著成效,而 2020 年评分增长速度急剧下降也体现出目前我国农业绿色发展正面临发展瓶颈,水平难以大幅提升,农业发展亟需升级转型,寻求新的改善路径。

从一级指标评分来看,年均增幅大小排序为质量高效 > 生态保育 > 环境友好 > 资源节约,最高的质量高效达 46.67%,最低的资源节约仅有 14.75%,可见各指标评分存在一定的差异性。

表 2 2011—2020 年全国农业绿色发展水平评价结果

年份	评分				
	资源节约	环境友好	生态保育	质量高效	综合
2011	0.006	0.021	0.007	0.002	0.036
2012	0.010	0.014	0.011	0.004	0.038
2013	0.007	0.009	0.004	0.007	0.027
2014	0.008	0.003	0.010	0.012	0.034
2015	0.009	0.005	0.012	0.014	0.041
2016	0.017	0.022	0.014	0.017	0.070
2017	0.019	0.035	0.022	0.023	0.098
2018	0.021	0.054	0.027	0.030	0.131
2019	0.019	0.074	0.116	0.037	0.246
2020	0.022	0.090	0.119	0.048	0.278

在资源节约层面,评分除部分年份略有下降外,整体稳步增长,年均增幅达 14.75%。其中,耕地复种指数由 2011 年的 133.33% 下降至 2020 年的 124.17%,说明尽管受农产品需求、农作物播种面积等不确定因素影响,但在农业结构优化、耕作制度改革背景下耕地复种指数仍保持下降。2020 年单位农业产值耗水量为 0.033 m³/元,较 2011 年下降 0.014 元/m³,可见近年来我国农业用水效率明显提高,农业用水经济效益大幅增长。单位播种面积农机总动力除 2016 年外,其余年份均增长,2015 年最高为 6 715.49 W/hm²,对农业绿色发展起抑制作用,说明我国在农业机械利用方面仍有较大改进空间,农机化发展任重道远。2011—2020 年全国节水灌溉面积比重由 47.31% 上升至 54.65%,这可能得益于全国各地加大节水改造力度,积极推广节水设施,加快了农业向绿色化发展转型的进程。

在环境友好层面,评分变动趋势为 2011—2014 年评分逐年下降,2015—2020 年评分显著提高,年均增幅达 17.63%。与 2011 年相比,2020 年全国农药、化肥施用量分别减少 47.37 万、453.5 万 t,逐步实现 2015 年以来农业农村部开展的化肥农药使用量零增长行动目标,有效遏制农业面源污染,改善农业生态环境。农膜使用强度自 2015 年持续下降,可能是因为 2015 年以来中央财政大力支持可降解地膜研发及推广应用等,大幅提高了农用地膜的回收利用水平,但该指标 2020 年评分较 2011 年下降 0.001,说明该指标仍是促进农业绿色发展水平提升的有效发力点,应加强对农膜使用回收的管理力度。农业 COD 排放量逐年下降,2019 年排放量最低,为 18.81 万 t,较 2016 年降低 206.81%,说明我国在农业

源污染减排方面表现良好,农业用水污染逐渐改善,进而促进了农业效益和环境效益的和谐发展。

在生态保育层面,除 2013 年评分略有下降外,其余年份均保持增长,年均增幅达 36.83%。其中,2020 年自然保护区面积占比最高,为 18.00%,2013 年最低为 14.77%,面积占比稳步提升,有利于保护生态系统,筑牢国家生态安全屏障,夯实农业绿色发展根基。成灾比例增减年份大致相当,2020 年成灾比例为 4.77%,较 2011 年下降 2.89%,说明农业灾害虽具有突发性,但我国抵御农业灾害的能力日益增强,成灾比例逐步下降,粮食安全威胁减弱。2011—2020 年全国水土流失治理面积累计增加 33 458.3 hm²,实现了大范围的生态修复和生态改善,生态环境质量得到显著提高。森林覆盖率因全国森林资源清查每 5 年复查 1 次,数据变化较小,森林覆盖率由 2011 年的 20.36% 上升至 2013 年的 21.63%,再到 2020 年的 23.04%,覆盖率逐年提高,生态环境持续改善,有效助推农业绿色发展水平优化。

在质量高效层面,评分逐年稳定增长,年均增幅达 46.67%,是年均增幅最大的一级指标。其中,2020 年绿色食品标志产品数量为 16 863 个,较 2011 年增加 10 331 个,可见我国绿色食品认证体系逐渐完善,农业绿色产出有效增加。2011 年农民人均纯收入为 1 756.2 元,2020 年为 3 418.1 元,增幅达 94.63%,说明我国农民可支配收入显著增加,生活质量不断改善,农民应用于农业新型技术的资本增加,更利于绿色生产方式的推广应用。2020 年单位播种面积农业总产值达 65 963.38 元/hm²,较 2011 年增加 17 383.49 元/hm²,说明我国粮食生产效率得到极大的提高,这可能得益于农业科技推动农作物产量提高、市场需求变化引起农业结构调整等影响。2020 年劳动生产率达到了 62 365.31 元/人,较 2011 年 29 644.67 元/人增幅达到 110.38%,可见我国农业生产效率明显改善,农业绿色产出效益日益增强,进而促进农业绿色发展水平提高。

2.2 农业绿色发展水平空间演变特征

根据熵权法测算出 2011—2020 年全国 31 个省(市、区)农业绿色发展水平综合评分,限于篇幅,仅列出 2011、2016、2020 年农业绿色发展水平综合评分(表 3)。

为更直观地对比全国农业绿色发展水平的空间演变特征,选取 2011、2016、2020 年农业绿色发展情况进行绘图,结果见图 1。

表 3 2011、2016、2020 年全国 31 个省(市、区)

农业绿色发展水平综合评分

地区	农业绿色发展水平综合评分			地区	农业绿色发展水平综合评分		
	2011 年	2016 年	2020 年		2011 年	2016 年	2020 年
北京	0.004 2	0.007 6	0.005 9	湖北	0.002 4	0.002 8	0.003 4
天津	0.002 4	0.003 2	0.003 8	湖南	0.002 1	0.002 5	0.004 1
河北	0.002 7	0.002 5	0.003 0	广东	0.002 5	0.002 8	0.003 2
山西	0.001 8	0.002 1	0.003 2	广西	0.001 9	0.002 2	0.003 0
内蒙古	0.002 8	0.003 1	0.003 9	海南	0.002 3	0.003 1	0.003 6
辽宁	0.003 2	0.003 5	0.003 8	重庆	0.002 1	0.002 8	0.005 7
吉林	0.002 1	0.002 4	0.002 9	四川	0.003 0	0.003 4	0.004 0
黑龙江	0.002 7	0.002 8	0.003 5	贵州	0.001 4	0.001 8	0.002 3
上海	0.003 6	0.006 8	0.021 8	云南	0.002 1	0.002 8	0.003 5
江苏	0.002 4	0.002 8	0.004 1	西藏	0.002 4	0.002 5	0.003 2
浙江	0.003 7	0.004 4	0.005 9	陕西	0.002 5	0.002 6	0.003 0
安徽	0.001 7	0.002 2	0.003 3	甘肃	0.002 6	0.003 0	0.003 8
福建	0.003 3	0.004 4	0.005 7	青海	0.003 1	0.004 0	0.004 7
江西	0.002 3	0.002 7	0.003 8	宁夏	0.001 7	0.001 9	0.002 6
山东	0.002 7	0.003 3	0.004 0	新疆	0.001 8	0.002 1	0.002 6
河南	0.001 6	0.001 9	0.002 6				

2011 年农业绿色发展水平综合评分处于[0, 0.001 5)之间的仅有贵州省,处于[0.001 5, 0.003 0)之间的有天津、河北、山西等 23 个省份,处于[0.003 0, 0.004 5)之间的有北京、辽宁、上海等 7 个省份,水平在 0.004 5 之上的无。

2016 年农业绿色发展水平综合评分处于[0, 0.001 5)之间的无,处于[0.001 5, 0.003)之间的有河北、山西、吉林等 19 个省份,处于[0.003, 0.004 5)之间的有天津、内蒙古、辽宁等 10 个省份,没有处于[0.004 5, 0.006)之间的省份,处于 0.006 以上的有北京市和上海市。

2020 年农业绿色发展水平综合评分处于[0, 0.001 5)之间的无,处于[0.001 5, 0.003)之间的有吉林、贵州等 5 个省份,处于[0.003, 0.004 5)之间的有天津、内蒙古、辽宁等 20 个省份,处于[0.004 5, 0.006)之间的有北京、浙江、福建等 5 个省份,处于 0.006 以上的仅有上海市。

整体而言,2011—2020 年全国 31 个省(市、区)农业绿色发展水平综合评分处于[0, 0.0015)之间的省份由少到无;处于[0.001 5, 0.003)之间的省份由多减少,数量急剧下降;处于[0.003, 0.004 5)之间的省份由少变多,增加数量较多;处于[0.004 5, 0.006)之间及处于 0.006 以上的省份从无到有,但数量相对较少。说明近年来全国农业绿色发展水

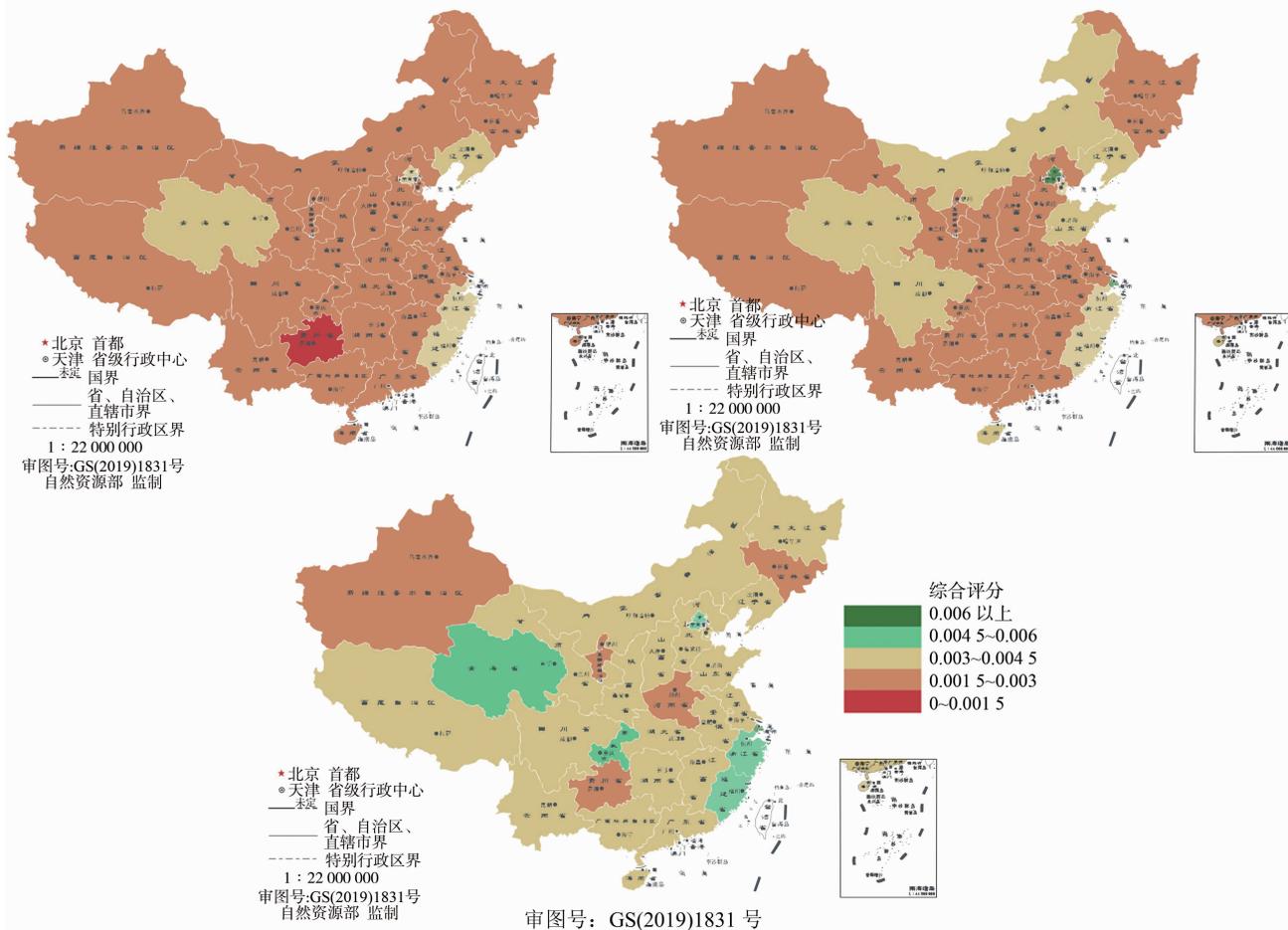


图1 2011、2016、2020年全国农业绿色发展水平综合评分空间演变特征

平在时序上保持日益提高的趋势,但农业绿色发展水平及水平改善程度存在较大的省际差异。

2011年农业绿色发展水平综合评分最高的是北京市,为0.0042,最低的是贵州省,为0.0014,极差为0.0029;2020年综合评分最高的是上海市,为0.0218,最低的是贵州省,为0.0023,极差为0.0194,较2011年显著提高,可见不同省(市、区)之间农业绿色发展水平存在较大差距,农业绿色发展情况明显不平衡。2020年,上海市农业绿色发展水平综合评分位居第一,评分超过0.02,是第2名北京市的3.7倍之多,北京市、浙江省、重庆市、福建省等综合评分较高,均值为0.0056;吉林、河南、贵州、宁夏、新疆等省份综合评分较低,均值为0.0026。可见农业绿色发展水平受社会经济发展水平、农业资源禀赋、生态环境保护、农业生产要素投入等因素影响,北京市、上海市、浙江省等经济发展相对较好,机械化水平较高,农业基础设施较完善,绿色农产品需求较大,因此农业绿色发展水平稳居前列。而贵州省、河南省、宁夏回族自治区等经济发展较

滞后,许多地区仍维持着过去粗放型的农业发展方式,生态环境保护意识淡薄,且吉林、河南等省份作为农业大省,化肥、农药等生产要素投入量较大,如2020年河南省农用化肥施用量为全国最多,达648万t,两省皆在环境保护层面表现较差,农业绿色发展水平相对较低。

在水平改善方面,从评分增长幅度来看,对比2011年,2020年上海市农业绿色发展水平综合评分增幅最大,达498.49%,河北省评分增长幅度最小,为14.23%。从评分均值来看,2011年31个省(市、区)综合评分平均值为0.0025,低于平均水平的省(市、区)共有18个;2020年评分平均值为0.0043,低于平均水平的省(市、区)增加至25个,平均分涨幅达73.99%,而平均水平之下的省(市、区)数量却有所增加,说明31个省(市、区)农业绿色发展水平改善程度差异较大。2011—2020年农业绿色发展水平综合评分提升幅度最大的是上海市,其次是湖南省、重庆市,三者水平提升主要得益于质量高效层面的优化,三者在该层面评分涨幅分别为

661.48%、455.27%、163.59%，可见近年来农业生产结构的持续优化、农业新型技术的广泛应用以及消费者对农业绿色产品需求提高等因素有效推动3个省份在农业绿色产出方面的不断优化，从而促进农业绿色发展水平的大幅提升。评分提升幅度最小的是河北省，其次是辽宁省、陕西省，主要是因为生态保育指标抑制了3个省份农业绿色发展水平的提升，其涨幅分别为4.13%、-2.51%、-5.17%，说明农业大省现有农业发展和生态保育之间的矛盾

较突出，如2020年辽宁省成灾比例全国最高，达21.11%，其在生态农业建设领域仍有较大提升空间，应加大生态环境保护力度并努力增强抵御农业自然灾害的能力。

2.3 我国农业绿色发展水平影响因素分析

为探究影响我国农业绿色发展水平的相关因素，以相对贴进度和阻碍度作为评判标准，分别计算出2011—2020年我国农业绿色发展水平各一级指标相对贴进度、阻碍度(图2)。

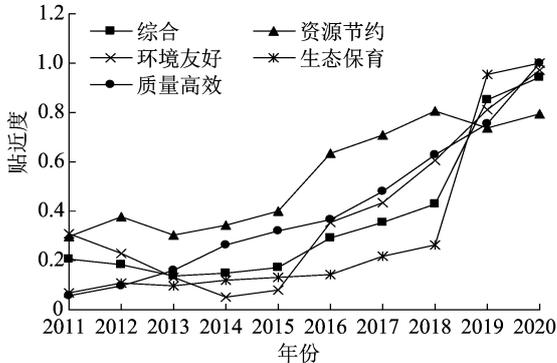


图2 2011—2020年全国农业绿色发展水平各一级指标相对贴进度、阻碍度

相比2011年，2020年4个一级指标相对贴进度皆有所提高，说明2011—2020年全国农业绿色发展转型加快，农业绿色发展取得良好成效。生态保育与质量高效指标相对贴进度呈现逐年增长的趋势，且增长幅度较大，年均增幅分别为47.60%、38.58%，对我国农业绿色水平改善起显著促进作用。而资源节约与环境友好指标对我国农业绿色发展的优化作用较波动，但贴进度水平整体仍呈现改善趋势，资源节约指标贴进度在2013、2019年有所下降，其余年份均保持上升，年均增幅为13.45%，环境友好指标贴进度在2011—2014年连续下降，此后快速回升，波动较剧烈，年均增幅为42.24%，说明资源节约与环境友好指标对我国农业绿色发展水平改善存在反复性，未来应聚焦两大指标层面，应在提高农业资源利用效率、促进农业生产投入要素减量增效等方面加大力度，确保农业绿色发展水平优化的连续性。

从阻碍度来看，相较于2011年4个一级指标阻碍度都呈现下降趋势，对农业绿色发展的抑制效应有所减弱，阻碍度变化趋势与上述相对贴进度结果具有一致性，即资源节约与环境友好指标阻碍度波动较剧烈，生态保育与质量高效指标阻碍度整体保持下降态势。从阻碍度年均增长幅度来看，资源节

约、环境友好、生态保育、质量高效分别为-32.38%、-193.29%、-263.56%、-233.48%。

生态保育对于全国农业绿色发展的优化程度最大，可见2011—2020年我国在建设自然保护区、降低成灾比例、治理水土流失、提高森林覆盖率等方面付出了极大努力，使得生态环境显著改善，进而促进农业绿色发展水平有效提升。尽管2010—2020年自然保护区面积占比及成灾比例指标贴进度有所波动，但整体而言生态保育层面4个二级指标贴进度均呈现增长趋势。在自然保护区面积占比方面，我国致力于自然保护区(地)的建立与维护，截至2019年底已建立超过1.18万个各级各类保护区，2020年西藏自治区自然保护区面积占比更是超过30.22%，有效维护了生态平衡，保护了生物多样性。在成灾比例方面，近年来我国积极建设农业高标准防洪工程，完善农田除涝体系，并采用大力实施增施有机肥、套种高秆作物、生物防治等措施以应对各类农业自然灾害，2020年全国已有约1/3的省(市、区)成灾比例低于2%，成灾比例显著降低，有利于确保农作物产量，提高农民耕作积极性。在水土流失治理面积方面，我国高度重视水土流失治理工作，通过建设防护林、退耕还林等工程降低水土流失强度，2020年内蒙古自治区水土流失

治理面积最大,达15 221.5千 hm^2 ,促进了水土资源的保护及合理利用,生态环境不断改善。在森林覆盖率方面,党的十八大以来我国深入实施大规模的国土绿化行动,成为同期世界范围内森林资源增长最多的国家,2020年福建省森林覆盖率已达66.80%,充分发挥了森林调节气候、涵养水土、净化空气等作用,对改善农业绿色发展水平意义重大。

资源节约是阻碍农业绿色发展水平改善的主要因素。这可能是由于我国农业经历了较长时间的粗放型发展,传统农业模式遗留了不少问题,近年来随着国家对农业绿色发展重视度的不断提高,陆续出台了《“十四五”全国农业绿色发展规划》等政策文件,有效推动了农业向绿色化、现代化、集约化转型,但因过去农业长时期不合理发展所产生的问题尚未得到完全解决,且在农业转型过程中还面临诸多挑战,以至于农业绿色发展压力加重。在资源节约层面,单位农业产值耗水量、节水灌溉面积比重阻碍度整体保持逐年下降趋势,2013—2016年耕地复种指数阻碍度持续增长,单位播种面积农机总动力阻碍度除2016年有所下降外,其余年份均呈现提高态势,可见后两者是导致资源节约层面阻碍度下降幅度较小的主要因素。2020年全国耕地复种指数为124.17%,有12个省份耕地复种指数超过全国数值,最高的为湖南省,达到202.36%,是唯一的耕地复种指数超过200%的省份,其次是江西省182.90%、河南省181.06%,说明在农产品需求不断提高的背景下,湖南等农业大省耕地利用强度较大,很可能引起生态环境压力增加、农业地力下降、土壤污染等一系列问题,从而制约农业绿色发展。2020年全国单位播种面积农机总动力为6 306.28 W/hm^2 ,约有1/2的省份超过全国数值,其中最高的为西藏自治区,达21 198.09 W/hm^2 ,是云南省的5倍之多,可见我国部分省份农业机械的使用效率较低,资源仍存在浪费现象,阻碍了农业可持续发展。

3 结论与建议

3.1 结论

本研究选取2011—2020年全国及31个省(市、区)农业绿色发展水平作为评价对象,并在借鉴现有研究成果及政府相关政策文件的基础上,基于资源节约、环境友好、生态保育、质量高效4个维度搭建农业绿色发展水平评价指标体系,采用熵权

TOPSIS、阻碍度等模型测算全国及31个省(市、区)农业绿色发展水平综合分数,并进行水平影响因素分析,所得主要结论如下:

(1)2011—2020年全国农业绿色发展水平在时序上呈现日益提高的趋势,水平综合评分涨幅较大且评分增长速度呈现明显的两阶段特征。一级指标综合评分年均增幅大小排序为质量高效>生态保育>环境友好>资源节约,最高的达46.67%,最低的仅为14.75%,各指标评分存在一定差异性。

(2)2011—2020年全国农业绿色发展水平在空间上呈现较大的省际差异性,无论是从评分水平还是从评分增长幅度来看,31个省(市、区)农业绿色发展水平及水平改善程度存在较大差距,受经济社会发展水平、农业资源禀赋、生态环境保护、农业生产要素投入等因素影响较大。

(3)2011—2020年我国农业绿色发展水平各一级指标相对贴适度皆有所提高,对农业绿色发展促进作用显著,其中生态保育指标对农业绿色发展水平优化程度最大;各一级指标阻碍度都呈现下降趋势,对农业绿色发展的抑制效应有所减弱,资源节约是阻碍农业绿色发展水平改善的主要因素。

3.2 研究启示

综上,针对全国及31个省(市、区)农业绿色发展水平现状,本研究提出从以下3个方面推进农业绿色发展水平的持续改善。

3.2.1 引导多主体协同推进农业绿色发展 实现农业绿色发展水平的有效提升离不开政府、农业生产者、农业技术人员、消费者等多方主体的共同努力,因此未来应积极引导多主体共同参与农业绿色发展建设,汇聚各方力量,协同推进农业绿色发展。第一,对政府而言,应大力支持农业绿色发展相关事宜,引导各地根据实际情况合理开展工作,加大对农业绿色发展的财政支持力度,通过设立专项基金等方式扶持各类主体良好发展。第二,对农业生产者而言,应提高自身对农业绿色发展的认识,并努力提高劳动素质和能力,自觉规范农业生产经营行为,积极学习新型农业技术,培养起主动采用农业绿色生产方式的意识。第三,对于农业技术人员而言,应加大技术研发力度,从研制农业绿色投入品、发展农业绿色生产技术等重点环节入手,推动智能化农业装备、耕地质量提升技术等尽快落地实施。第四,对消费者而言,应通过宣传教育,帮助消费者逐渐树立起绿色消费的观念,引导其对绿色食

品、有机食品的消费偏好,以市场需求的变化来推动农产品生产加工企业的转型升级。

3.2.2 完善农业绿色发展支撑体系 推动农业绿色发展向现代化、系统化、标准化方向转变,必然需要完善农业绿色发展相关支撑体系,以满足新时期农业转型升级提出的新要求,持续改善农业绿色发展水平。第一,完善农业绿色发展数据监测与评价体系。各地应加强对农业绿色发展相关数据的监测,探索构建符合各地区农业发展特点的农业绿色发展评价指标体系,对农业绿色发展水平作出真实可靠的评价,以便根据评价结果及时调整发展路径。第二,完善农业绿色发展补贴制度。各地应逐渐完善以绿色生态为导向的农业绿色发展补贴制度,参考发展较成熟的农作物良种补贴、农机具购置补贴等经验做法,建立健全农业绿色生产补贴制度,以引导农业生产者科学开展生产活动。第三,完善农业绿色发展技术体系。各地应加强对农业绿色发展技术的推广与应用,大力支持技术的研发与创新,并鼓励农业生产者积极采用保护性耕作技术、高效输配水技术、有机肥料定量施用技术等;还应与科研机构、领域专家等合作开办技术培训课程,对农民进行生产指导。

3.2.3 实施差异化农业绿色发展策略 我国31个省(市、区)农业绿色发展水平及水平改善程度存在较大的省际差异性。因此,各省(市、区)应因地制宜,根据农业资源禀赋、经济发展水平等,科学调整农业绿色发展方向,实施差异化农业绿色发展策略。第一,北京市、上海市、浙江省、福建省等农业绿色发展水平较高的地区。对于这些地区应在保持现有农业优势的基础上,将重心向环境保护倾斜,继续推行化肥、农药的减量增效,完善农用薄膜回收利用体系,并加强农业源污染排放管理,减少农业废水排放。还应凭借其经济实力雄厚、绿色食品需求较大等优势,发展高品质农业,提升农业绿色产出效益。第二,河南省、吉林省、贵州省、宁夏回族自治区等农业绿色发展水平较低的地区。河南、吉林等农业大省应积极推动农业发展和环境保护的协同前进,推行合理轮作模式,实施保护性耕作,形成种养结合的农业绿色种植制度。贵州省、宁夏回族自治区等经济较落后地区,政府应在应用农业绿色新型技术、购买农机具等方面对农民进行补贴,考虑到地方经济情况,中央应加大支持力度,从资金、政策等方面予以重点考虑。

参考文献:

- [1]焦翔.我国农业绿色发展现状、问题及对策[J].农业经济,2019(7):3-5.
- [2]金书秦,牛坤玉,韩冬梅.农业绿色发展路径及其“十四五”取向[J].改革,2020(2):30-39.
- [3]魏琦,张斌,金书秦.中国农业绿色发展指数构建及区域比较研究[J].农业经济问题,2018,39(11):11-20.
- [4]张乃明,张丽,赵宏,等.农业绿色发展评价指标体系的构建与应用[J].生态经济,2018,34(11):21-24,46.
- [5]赵会杰,于法稳.基于熵值法的粮食主产区农业绿色发展水平评价[J].改革,2019(11):136-146.
- [6]查建平,周霞,周玉玺.黄河流域农业绿色发展水平综合评价分析[J].中国农业资源与区划,2022,43(1):18-28.
- [7]郭蓓,李婷君,魏东雄,等.北京农业绿色发展评价指标体系构建及推进方向[J].农业展望,2018,14(2):39-44.
- [8]贾云飞,赵勃森,何泽军,等.河南省农业绿色发展评价及推进方向研究[J].河南农业大学学报,2019,53(5):823-830.
- [9]孙炜琳,王瑞波,姜茜,等.农业绿色发展的内涵与评价研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(4):14-21.
- [10]陈黎明,郑千一,周纳.中国农业农村绿色发展综合评价及制约因素:基于TOPSIS和阻碍度模型[J].河北农业大学学报(社会科学版),2022,24(4):106-114.
- [11]卿诚浩.经济转型时期中国农业绿色发展水平评价研究——基于熵值法[J].中国物价,2017(11):16-19.
- [12]余永琦,王长松,彭柳林,等.基于熵权TOPSIS模型的农业绿色发展水平评价与障碍因素分析——以江西省为例[J].中国农业资源与区划,2022,43(2):187-196.
- [13]黄敦平,王昱斐,孙晶晶.安徽农业绿色发展水平综合评价[J].内蒙古农业大学学报(社会科学版),2019,21(4):7-13.
- [14]崔宁波,巴雪真.黑龙江省农业绿色发展水平评价[J].北方园艺,2021(8):157-163.
- [15]窦艳芬,赵广,姜岩.天津市农业绿色发展水平的综合评价[J].中国农机化学报,2021,42(1):159-165.
- [16]周静.长江经济带农业绿色发展评价、区域差异分析及优化路径[J].农村经济,2021(12):99-108.
- [17]郝嘉楠,常跟应,张雪,等.石羊河流域治理前后农业绿色发展水平评价[J].兰州大学学报(自然科学版),2021,57(1):109-116.
- [18]苟兴朝,张超峰,张斌儒.地方财政支农对长江经济带乡村绿色发展的影响研究——基于空间杜宾模型的实证分析[J].财政科学,2021(10):82-95.
- [19]杨明洪,刘昕禹,吴晓婷.财政支农支出对农村绿色发展的时空效应研究[J].财政科学,2022(2):85-99.
- [20]辛岭,安晓宁.我国农业高质量发展评价体系构建与测度分析[J].经济纵横,2019(5):109-118.
- [21]杨秀玉,魏秀文.农业产业集聚、农业面源污染与农业绿色发展——基于空间异质性视角[J].江苏农业科学,2022,50(1):244-252.
- [22]赵丹丹,刘春明,鲍丙飞,等.农业可持续发展能力评价与子系统协调度分析——以我国粮食主产区为例[J].经济地理,2018,38(4):157-163.
- [23]潘雄锋,刘清,彭晓雪.基于全局熵值法模型的我国区域创新能力动态评价与分析[J].运筹与管理,2015,24(4):155-162.