

中国农业数字化绿色化协同发展的 时空格局及收敛性分析

李旭辉¹, 陈梦伟¹, 朱启贵²

(1. 安徽财经大学管理科学与工程学院, 安徽 蚌埠 233030;

2. 上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030)

摘要: 加快农业数字化绿色化协同转型发展, 是促进农业农村高质量发展、实现全面推进乡村振兴战略的重要举措, 亦是中国对数字中国战略和“双碳”承诺的践行。在测度 2012—2021 年中国农业数字化和农业绿色化发展指数的基础上, 研判中国农业数字化与绿色化的协同关系与相对发展现状, 并剖析农业数字化绿色化协同发展过程中的空间不平衡问题及其收敛机制。研究表明: 第一, 样本考察期内, 全国及三大粮食功能区农业数字化与绿色化的协调发展度均稳步提升, 各地区农业数字化与绿色化整体向协调发展靠拢, 但存在较大的空间差异, 区域间差异对总体差异的贡献最大; 第二, 全国相对发展类型始终处于数字化发展滞后型, 但其相对发展度波动上升, 农业数字化与绿色化发展的不同步状况不断改善; 第三, 全国及三大粮食功能区均存在显著的绝对 β 收敛和条件 β 收敛特征, 且省份间农业数字化与绿色化协同发展的空间互动效应对 β 收敛趋势存在显著影响。研究结果对于把握农业数字化绿色化协同发展的效能和水平以及探寻出农业数字化绿色化协同发展推进策略提供实证支持具有重要启示和现实指导意义。

关键词: 农业数字化; 农业绿色化; 农业数字化绿色化协同发展; 三大粮食功能区

中图分类号: F323

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2024)08-0110-12

Spatio-temporal characteristics and convergence analysis of the coordinated development of agricultural digitalization and greening in China

LI Xuhui¹, CHEN Mengwei¹, ZHU Qigui²

(1. School of Management Science and Engineering, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, China;

2. School of Antai Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Accelerating the coordinated transformation and development of agricultural digitalization and greening is an important measure to promote the transformation and upgrading of agricultural production methods and realize the comprehensive promotion of rural revitalization strategy, and it is also China's implementation of the digital China strategy and "dual carbon" commitment. On the basis of measuring the development indices of agricultural digitisation and agricultural greening in China from 2012 to 2021, this paper examines the synergistic relationship and relative development status of agricultural digitisation and greening in China, and analyses the spatial imbalance in the process of synergistic development of agricultural digitisation and greening as well as its convergence mechanism. It is found that: (1) During the sample

收稿日期: 2024-04-19 修回日期: 2024-06-14

基金项目: 国家社会科学基金项目“我国数字化绿色化协同转型发展评价及推进策略研究”(22BJY262)。

作者简介: 李旭辉(1981—), 男, 山东烟台人, 安徽财经大学管理科学与工程学院教授, 博士, 研究方向为技术创新、区域经济。

inspection period, the degree of coordinated development of agricultural digitisation and greening in the country as a whole and in the three major regions of the main grain marketing area, the main grain producing area and the balance of production and marketing area have all steadily increased, and agricultural digitisation and greening in the regions as a whole are converging towards coordinated development, but there are large spatial differences, and the inter-regional differences make the greatest contribution to the overall differences. (2) Although the type of relative development has always been in the digitisation development lagging type, the relative development degree fluctuates upward, and the asynchrony of the development of agricultural digitisation and greening in China continues to improve. (3) There are significant absolute β -convergence and conditional β -convergence characteristics in the whole country and the three major food functional areas, showing that the synergistic development of agricultural digitisation and greening gradually converges and develops over time, and the spatial interaction effect of the synergistic development of agricultural digitisation and greening between provinces in China has a significant impact on the β -convergence trend. The research results have important enlightenment and practical guiding significance for collaboratively improving the level of coordinated development of agricultural digitalization and greening, and coordinating and promoting the collaborative work of digital greening.

Key words: digital development of agriculture; green development of agriculture; coordinated development of agricultural digitalization and greening; three major functional areas of food

党的二十大报告明确提出“加快发展数字经济,促进数字经济与实体经济深度融合”,“协同推进降碳、减污、扩绿、增长,推进绿色低碳发展”。数字化和绿色化作为全球经济社会转型的两大趋势,二者紧密依存、交互演进,共同推进中国经济社会高质量发展^[1]。数字化和绿色化协同发展已逐步成为数字中国和美丽中国战略的重要支撑。《“十四五”国家信息化规划》提出“深入推进绿色智慧生态文明建设,推动数字化绿色化协同发展”,“以数字化引领绿色化,以绿色化带动数字化”。《数字中国建设整体布局规划》重点要求“建设绿色智慧的数字生态文明,加快数字化绿色化协同转型”。这进一步明确了数字化与绿色化相互支撑、互相促进的协同关系和重要作用。农业作为实体经济的重要组成部分,是国家粮食安全和生态安全的主导力量^[2],是建设现代化强国的重要支撑。农业活动兼具促进经济增长的期望产出和带来面源污染等不利于生态环境的非期望产出。在期望和非期望双重属性下,农业急需牢牢坚守发展和生态两条底线,加快农业数字化绿色化协同发展。但需要注意的是,数字化绿色化协同转型发展尚处于探索初期^①,农业数字化绿色化协同发展既面临着数字化发展基础设施不完善和

绿色化发展成本高等障碍,亦存在协同速度和程度的显著差异。定量评价是实现科学管理的基础,深入剖析农业数字化与绿色化协同发展的逻辑,科学测评农业数字化与绿色化协同发展水平,对进一步推动农业数字化与绿色化深度协调、提升农业现代化水平具有重要意义。

数字农业发展与农业“双碳”目标的实现过程互为支撑,内在目标与逻辑一致,两者协调发展相得益彰,这也成为学术界关注的焦点。结合本文的研究内容,分别从农业数字化、农业绿色化及农业数字化与绿色化关系3个层面对相关文献进行梳理:第一,农业数字化。从相关研究进展看,早期对农业数字化的研究多从理论层面展开,主要包括农业数字化的效能分析^[3]、实施路径^[4]以及国际经验^[5]等方面。后期随着理论体系的系统化和基础数据的丰富化,农业数字化的量化分析成为研究的热点领域。如高扬等^[6]采用国民经济核算法,测算出农业数字化增加值,并以农业数字化增加值作为农业数字化的代理变量;苏锦旗^[7]结合熵值法从数字基础设施、产业数字化和数字产业化4个维度测算了中国省级农业数字化发展指数,并揭示了东中西三地区农业数字化发展的空

^① 中央网信办、国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部、国家能源局联合印发通知:2023年1月起河北省张家口市等多个地区首批开展数字化绿色化协同转型发展综合试点。

间差异特征及趋势。第二,农业绿色化。自党的十八届五中全会首次提出绿色发展理念以来,农业绿色发展一直都是学术研究的重点。在理论层面上主要集中于农业绿色发展的内涵特征^[2]、动力机制^[8]以及推广路径研究^[9-10]等方面。在定量研究方面以区域农业绿色发展评价分析居多,从国家层面测算农业绿色化发展指数^[11]或从单一区域层面测度不同发展阶段的农业绿色化发展水平^[12];评价方法以等权重法^[13]和熵权法^[14]等单一权重赋权法为主。第三,农业数字化与绿色化关系。现有研究主要聚焦于探讨农业数字化对农业绿色发展的影响机制,如杜建军等^[15]以县级行政单位为研究对象,利用中介效应模型,实证验证了数字乡村可以通过农业信息化促进农业绿色全要素生产率提高;金绍荣等^[16]借助固定效应模型,证实了乡村数字化是农业绿色全要素生产率的重要驱动力,并强调在不同区域乡村数字化对农业绿色全要素生产率提升效应存在差异。

既有研究为本文提供了很好的思路借鉴和逻辑起点,但仍存在进一步讨论的空间:第一,现有文献大多侧重于农业数字化和农业绿色化单一视角的分析,鲜有从农业“双化协同”视角展开定量探讨。第二,学者多基于省域、四大板块或单一区域层面展开分析,而针对三大粮食功能区作为空间尺度有待深入开展。第三,既有研究尚未对农业数字化和农业绿色化的内涵达成一致,未能深入探讨农业数字化和农业绿色化的本质和特征,对农业数字化和农业绿色化测度逻辑的整体把握方面有一定的欠缺,不能准确、客观地反映全国及各省域农业数字化绿色化协同发展水平。鉴于上述不足,本文以三大粮食功能区为切入点,在农业数字化发展指数和绿色化发展指数测算的基础上,借助协调发展度模型和相对发展度模型研判中国农业数字化与绿色化的协同关系与相对发展现状,并运用 Dagum 基尼系数法及时空收敛模型剖析农业数字化绿色化协同发展过程中的空间不平衡问题及其收敛机制。

一、农业数字化绿色化协同发展的理论逻辑

(一) 农业数字化和农业绿色化的理论内涵

1. 农业数字化的理论内涵。学者尚未就农业

数字化发展的内涵界定达成一致意见,现有观点主要有两种:一是结果论^[6,17],认为农业数字化是指利用信息技术和通信技术对农业生产、管理、经营等各个环节进行全面智能化和数字化改造的过程,重点在于揭示数字技术在农业产业链各个环节的运用程度,忽略外部发展环境等的客观作用。二是整体论^[7,18],认为农业数字化发展过程涉及复杂的系统,需要用系统的观点看待,在讨论数字技术在农业产业链各个环节中运用程度的基础上,应考虑数字化发展的外部环境和动力。本文以第二类观点作为研究基础,认为农业数字化是依托数字经济的发展,以农业数据资源为关键生产要素,以不断升级的数字基础设施为载体,以先进数字化技术为推动力,以加快解放和发展农业生产力为目标,对传统农业进行改造和提升的过程,其发展核心是在已有资金、基础设施等农业资源存量的基础上,利用财政、人力等创新要素驱动农业效率变革、动力变革和质量变革,从而加快实现农业高质量发展。

2. 农业绿色化的理论内涵。严立冬^[19]较早对农业绿色化内涵做了界定,指出农业绿色化的实质是通过产业革命和技术革命提高农业能源利用率、发展农业经济及保护农业生态,是一种现代农业发展的新模式;赵会杰等^[20]认为农业绿色化的核心要义是形成经济效益、社会效益、生态效益协调统一的农业发展新格局;金书秦等^[9]指出农业绿色化不再局限于生态环境的保护,而是逐步向高质、增效及低碳的方向转变。综上发现,大多学者从资源、环境及经济三要素角度阐述农业绿色化发展的内涵。因此,本文将农业绿色化的内涵归纳为:农业绿色化是在资源环境承载力的基础上,以生产绿色健康农产品、提升绿色全要素生产率、增强农业经济可持续发展能力为目标,强调农业“高污染、高排放”生产方式向“低碳、绿色”转变的过程,其主要特征是利用绿色发展理念,依靠绿色投入和绿色技术,走出一条资源节约型、环境友好型及发展高效型的新道路,从而推进“减排”和“提质”的双赢。

(二) 农业数字化与绿色化协同发展的逻辑

农业对气候变化反应最为敏感且是“碳排放

大户”。在全球性气候变化及我国碳达峰目标时间窗口偏紧形势下,推动农业绿色化转型是现阶段我国农业发展重点任务。传统发展方式存在动力不足问题,为驱动绿色发展,急需探寻新动能。而随着数字经济的快速发展,以物联网等为代表的数字技术正在改变农业传统生产经营方式和创新方式,成为农业绿色转型升级的重要驱动力。农业绿色化牵引数字化,农业数字化赋能绿色化,二者互为支撑、协同融合,对农业高质量发展意义深远(见图1)。

农业数字化赋能绿色化发展。技术进步是推动全要素生产率增长的主要动力^[21]。以数字化技术为核心的农业数字化通过优化资源利用、促进减污降碳、保障农产品质量高效等,助力农业绿色化转型。在资源利用方面,数字技术推动了智能农机的发展,相较于传统高污染、高排放的生产工具,智能化、精细化的生产设备可以确保农业生产

资源高效利用。在减污降碳方面,数字化可以促进农业生产全过程可视化管理,通过实施精准灌溉、精准施肥及智能温控管理等,加强农田、牧场的监测监管和责任追究,以减少硫化物、农膜等污染物产出和二氧化碳排放。在质量高效方面,数字化发展可以支撑农产品溯源管理平台的构建,实现对农产品的标识和追踪,这有助于提高农产品的质量和安全水平。

农业绿色化牵引数字化转型。在农业绿色发展、“双碳”目标战略和消费者需求等多重驱动下,围绕资源利用、碳排放管理、能源结构转型等手段,面向协同降碳、过程优化、设备升级等环节,对数字基础设施、数字技术及数字技术应用等提出了更高要求^[1],促进数字基础设施建设加速、推动数字化人才培养力度加强,倒逼农业生产技术进步,牵引数字技术与农业各方面深度融合,进而实现农业全面数字化转型。

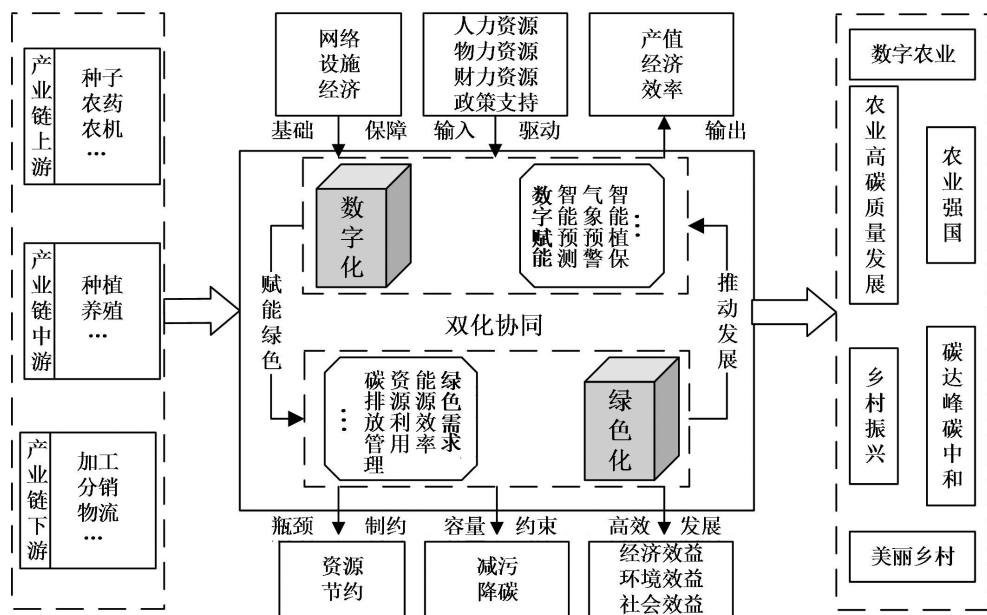


图1 农业数字化与绿色化协同发展逻辑

二、农业数字化与绿色化发展测度指标体系与研究方法

(一)农业数字化和农业绿色化的测度指标体系

依据农业数字化和绿色化的理论内涵,充分考虑党和国家系列文件的重要精神,同时参考已

有研究^[10,17-18],本文从数字化发展环境、数字化发展活力及数字化发展程度3个维度,选取12项代表指标,构建农业数字化发展测度指标体系,从资源节约、环境友好和质量高效3个维度,选取9项代表指标,构建农业绿色化发展测度指标体系。具体见表1。

表 1 农业数字化发展与绿色化发展测度指标体系

目标层	准则层	一级指标	度量方式	属性
农业数字化发展	数字化发展环境	农村互联网普及率	互联网宽带接入用户/农村年末人口数	正
		农村能源密度	农村用电量/农村年末人口数	正
		单位播种面积农机总动力	农用机械总动力/农作物播种面积	正
		农业生产投资力度	农林牧渔固定资产投资/全社会固定资产投资	正
		信息人才储备	信息传输、软件和信息技术服务业从业人数	正
	数字化发展活力	农业科技人才储备	参考胡瑞等 ^[22] 测算得出	正
		农业科学研究和试验发展企业数	—	正
		政府 R&D 经费	—	正
		政府科技发展财政支持力度	地方财政科技支出/财政支出	正
	数字化发展程度	农业数字化规模	参考慕娟等 ^[18] 测算得出	正
		每亩粮食产量	粮食产量/粮食播种面积	正
		农业劳动生产率	农林牧渔业总产值/第一产业从业人员	正
农业绿色化发展	资源节约	农地利用率	农作物播种面积/农业总产值	负
		单位农业总产值耗水量	农业用水总量/农林牧渔总产值	负
	环境友好	农药施用强度	农药使用量/农业总产值	负
		化肥施用强度	化肥施用量/农业总产值	负
		农膜施用强度	农用薄膜消耗量/农业总产值	负
		森林覆盖率	—	正
		碳基础生产力	农业碳排放量 ^② /农林牧渔总产值	负
	质量高效	绿色供给	(绿色农产品数量 + 有机农产品数量 + 地理标志农产品数量)/农作物播种面积	正
		农村居民人均可支配收入	—	正

(二) 研究对象及数据来源

本文选择三大粮食功能区^③作为空间尺度深入研究农业数字化绿色化协同发展的时空格局及收敛特征,时间跨度为 2012—2021 年。上述指标体系中,绿色农产品数量、有机农产品数量及地理标志农产品数量来自中国绿色食品发展中心,其余数据来源于国家统计局、EPS 全球统计数据/分

析平台、各省统计公报、年鉴以及《中国农村统计年鉴》《中国城乡建设统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国统计年鉴》,采用均值插补法与趋势外推法处理缺失值。

(三) 研究方法

1. 改进的协调发展度模型

在完成数据处理的基础上,本文结合 G1 法和熵权法测算了 2012—2021 年中国农业数字化发展指数和农业绿色化发展指数。在此基础上,采用改进的协调发展度模型测算出农业数字化与绿色化的协调发展度。相比传统的协调发展度模型,改进的协调发展模型可以解决效度较低问题^[24]。此外,再引入相对发展度模型,求取农业数字化与绿色化的相对发展系数,揭示二者的相对发展程度。

$$C = \sqrt{[1 - \sqrt{(Y_2 - Y_1)^2}] \times \max(Y_1, Y_2) / \min(Y_1, Y_2)} \quad (1)$$

$$\begin{cases} T = \alpha Y_1 + \beta Y_2 \\ D = \sqrt{C \times T} \end{cases} \quad (2)$$

$$E = Y_1 / Y_2 \quad (3)$$

式中, Y_1 为农业数字化发展指数; Y_2 为农业绿色化发展指数; C 为两系统耦合度; T 为系统间综合协调指数; α 与 β 为待定系数,表示农业数字化与绿色化两系统各自重要程度,本文取 $\alpha = \beta = 0.5$; D 为农业数字化与绿色化的协调发展度(即农业数字化绿色化协同发展指数); E 为相对发展度。

依据农业数字化绿色化协同发展指数和相对发展度,按表 2 所示标准对农业数字化绿色化协同发展阶段及相对发展类型进行划分。

2. Dagum 基尼系数法

Dagum 基尼系数是基于子群为单位的一种分解方法,可以将农业数字化绿色化协同发展总体差异分解为区域内差异、区域间差异和超变密度,便于正确识别差异来源,为统筹农业数字化绿色化协同发展布局提供理论依据,具体公式详见 Dagum^[25]。

② 参照程琳琳等^[23]测算得出。

③ 依据《国家粮食安全中长期规划纲要》,粮食主产区包括河北、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、四川 13 个地区;粮食主销区包括北京、天津、上海、浙江、福建、广东、海南 7 个地区;粮食产销平衡区包括山西、广西、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 10 个地区。鉴于数据可得性,不涉及香港、澳门、台湾和西藏地区。

表2 农业数字化绿色化协同发展阶段及
相对发展类型划分

发展指数	发展阶段	相对发展度	类型	特征
$0 \leq D < 0.3$	严重失调	$0 < E < 0.8$	I	数字化滞后于绿色化,系统趋于衰退
		$0.8 \leq E \leq 1.2$	II	数字化同步于绿色化,系统趋于优化
		$1.2 < E$	III	数字化超前于绿色化,系统趋于衰退
$0.3 \leq D < 0.5$	初级协调	$0 < E < 0.8$	IV	数字化滞后于绿色化,系统趋于衰退
		$0.8 \leq E \leq 1.2$	V	数字化同步于绿色化,系统趋于优化
		$1.2 < E$	VI	数字化超前于绿色化,系统趋于衰退
$0.5 \leq D < 0.7$	良好协调	$0 < E < 0.8$	VII	数字化滞后于绿色化,系统趋于衰退
		$0.8 \leq E \leq 1.2$	VIII	数字化同步于绿色化,系统趋于优化
		$1.2 < E$	IX	数字化超前于绿色化,系统趋于衰退
$0.7 \leq D < 1$	优质协调	$0 < E < 0.8$	X	数字化滞后于绿色化,系统趋于衰退
		$0.8 \leq E \leq 1.2$	XI	数字化同步于绿色化,系统趋于优化
		$1.2 < E$	XII	数字化超前于绿色化,系统趋于衰退

3. 空间 β 收敛模型

β 收敛源于新古典增长理论的经济趋同思想,可以从增长率的角度预判不同省域农业数字化绿色化协同发展的演变趋势,主要包括绝对 β 收敛和条件 β 收敛两种情形。莫兰指数显示,省域间农业数字化绿色化协同发展存在明显的空间依赖特征。为此,本文将空间计量方法与收敛模型相结合,构建时空收敛模型进行 β 收敛分析。空间绝对 β 收敛模型和空间条件 β 收敛模型计算公式如式(4)和式(5),收敛速度及收敛周期计算如式(6)和式(7)。

$$\ln(Y_{i,t+1}/Y_{i,t}) = \alpha + \beta \ln Y_{i,t} + \rho \sum_j W_{ij} \ln(Y_{i,t+1}/Y_{i,t}) + \lambda \sum_j W_{ij} \ln Y_{i,t} + u_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$\ln(Y_{i,t+1}/Y_{i,t}) = \alpha + \beta \ln Y_{i,t} + \rho \sum_j W_{ij} \ln(Y_{i,t+1}/Y_{i,t}) + \lambda \sum_j W_{ij} \ln Y_{i,t} + \sum_{k=1}^n \sum_j \mu_k W_{ij} X_{k,i,t} + u_i + \lambda_t + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$\theta T = -\ln(1 + \beta) \quad (6)$$

$$\tau = \ln 2 / \theta \quad (7)$$

式中,若 ρ 为零,为空间滞后模型,若 ρ 和 λ 同时为零,为空间误差模型,若 ρ 和 λ 均不为零,为空间

杜宾模型; $\ln Y_{i,t}$ 、 $\ln Y_{i,t+1}$ 分别表示第 i 省域在 t 和 $t+1$ 期的农业数字化绿色化协同发展指数, ρ 为空间自回归系数, λ 为空间溢出系数, W_{ij} 为空间矩阵, $\varepsilon_{i,t}$ 为误差项, $X_{k,i,t}$ 为影响农业数字化绿色化协同发展的 k 个控制变量, θ 为收敛速度, τ 为半收敛周期。

考虑到不同地区之间农业数字化绿色化协同发展的收敛特征会受到社会经济因素的作用,本文选取如下控制变量。①政府调控(*gor*):以农林水事务投资占地方财政支出比例来衡量。②经济驱动(*eco*):以人均可支配收入来表征。③城镇化(*city*):采用城镇人口占总人口的比重衡量。④产业结构(*ind*):使用第三产业产值占 GDP 比重来表征。⑤人力资本(*edu*):以平均教育年限来表征。

三、农业数字化绿色化协同发展的时空格局演变

(一) 农业数字化与绿色化协同发展的时序特征

1. 农业数字化与绿色化协同发展的时序演变特征

图2汇报了全国及三大粮食功能区农业数字化与绿色化协调发展度的演变趋势。从全国看,农业数字化与绿色化的协调发展度均值由2012年的0.3075增长至2021年的0.4160,年均增长率为3.41%,呈现由初级协调向良好协调阶段发展态势,中国农业数字化绿色化整体向协调发展靠拢。具体来看,中国农业数字化与绿色化协调发展度的演变大致分为2个阶段,即党的十九大之前的积势蓄能阶段,党的十九大之后的快速增长阶段。考察初期(2012年),中国各省域农业数字化与绿色化耦合协调水平普遍较低,均处于失调和初级协调两种阶段。党的十八大(2012年)以来,中国对生态环境重要性认识的逐渐加深,在绿色技术领域的资金和政策扶持力度不断加大,促使了各省域农业绿色化发展水平迅速提升,但此时期多数省域,特别是产销平衡区中的众多西部省域,数字经济发展仍然处于初步发展阶段^[26],农村数字基础设施不够完善,农业与数字技术融合不畅,致使中国农业数字化与绿色化协调发展度的提升较为迟缓。党的十九大(2017年)以来,中国提出数字乡村战略,部署开展国家数字乡村试点

工作,加快智能监控等数字技术向“三农”领域渗透,落后产能逐渐淘汰,中国农业数字化与绿色化的协调发展度快速提升,进入了快速增长阶段。具体到各区域,2012—2021 年,三大功能区农业数字化与绿色化的协调发展度均呈逐年上升趋势。其中,粮食主销区的协调发展度一直保持最高水平,均值为 0.398 3,年均增长率为 3.52%,在推动农业数字化绿色化协同发展方面成效明显;粮食主产区次之(0.383 3),年均增长率为 3.13%;产销平衡区协调发展度最低(0.296 0),年均增长率为 3.78%。由此可见,三大功能区粮食农业数字化与绿色化的协调发展度差异显著。

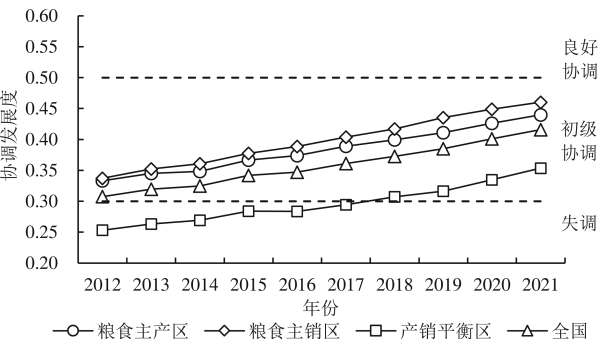


图2 全国及三大粮食功能区农业数字化与绿色化的协调发展度时序演变趋势

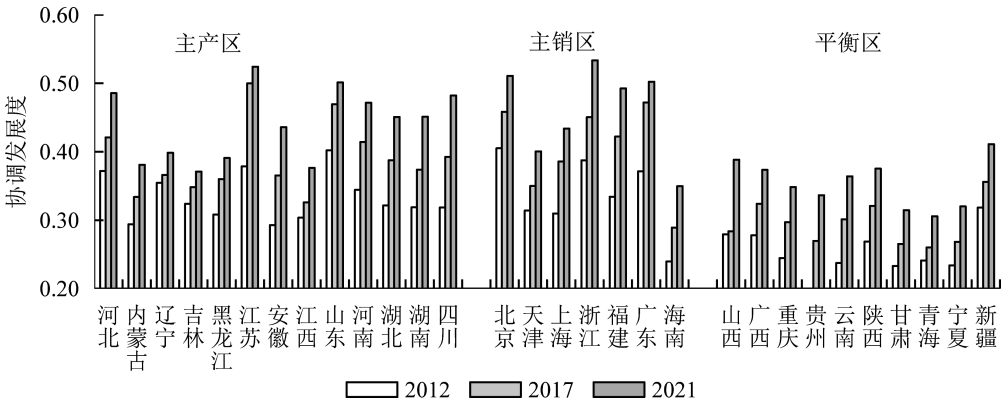


图3 中国农业数字化与绿色化协调发展度的空间分布态势

(二) 农业数字化与绿色化的相对发展特征

本节进一步从二者关系出发,结合相对发展度深入剖析二者发展的同步程度,探究中国农业数字化绿色化协同发展存在的问题及短板。结果见图4。

总体来看,2012 年中国农业数字化与绿色化的相对发展度较低,属于滞后发展型,此时中国整体农业数字化转型落后于绿色化转型,整体系统

2. 农业数字化与绿色化协同发展的空间分布特征

基于协调发展阶段的划分,对中国农业数字化与绿色化协调发展度的空间特征进行分析,结果如图3所示。可以发现,中国农业数字化与绿色化的协调发展度在空间分布上呈现以下两个特征:一是“粮食主销区>粮食主产区>产销平衡区”的空间分布格局固化。2012 年粮食主销区和粮食主产区的大多数省域处于初级协调阶段,而产销平衡区仅新疆处于初级协调阶段,2021 年达到良好协调阶段的5个省域中,粮食主销区占据3个,粮食主产区占据2个,而产销平衡区无达到良好协调阶段的省域。可以看出,中国农业数字化与绿色化的协调发展度由高到低明显呈现“粮食主销区—粮食主产区—产销平衡区”的空间分布格局。二是空间聚集特征显著。考察期内,协调发展度较高的省域主要集中于经济总量大、政策环境优势突出的粮食主销区和粮食主产区,而产销平衡区则为农业数字化与绿色化耦合协调发展的塌陷区,中国农业数字化与绿色化的协调发展度呈现显著的空间聚集特征,这可能是导致“粮食主销区—粮食主产区—产销平衡区”空间分布格局的原因之一。

趋于衰退,此后相对发展度以 3.07% 的年均增长率逐年提升,并于 2021 年达到 0.845 9,整体系统向好发展,中国农业数字化绿色化协同发展态势持续推进。具体到各区域,粮食主销区为相对发展度提升幅度最大的区域,2012—2018 年农业数字化发展进程相较于绿色化发展进程持续加快,于 2019 年由滞后发展型转为同步发展型,并在 2019—2021 年间保持同步发展型的最佳相对发展

类型。与粮食主销区前期变化趋势一致,粮食主产区农业数字化与绿色化的相对发展状况持续优化推进,在 2019 年由滞后发展型转为同步发展型后,于 2019 年起维持同步发展的最佳相对发展类型。不同于上述两地区的演变趋势,在考察期内,产销平衡区的相对发展度虽呈逐年上升态势,但一直处于农业数字化滞后的相对发展状态,亟需着力提高农业数字化发展水平,突破当前面临的“瓶颈”,促进农业数字化与绿色化在高水平上协调发展。

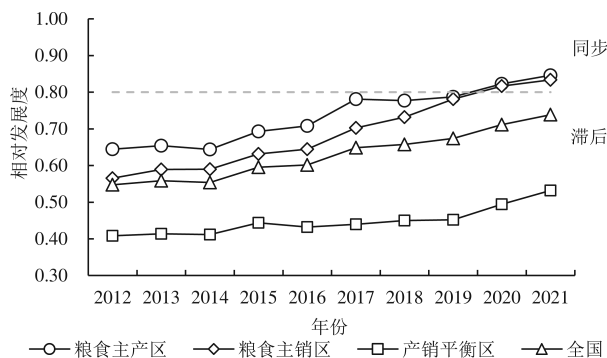


图4 三大粮食功能区农业数字化与绿色化相对发展度时序演变趋势

四、农业数字化绿色化协同发展的空间差异及来源

为了进一步强化统筹协调和整体推进工作,本部分采用 Dagum 基尼系数及其分解方法对中国农业数字化绿色化协同发展的空间差异进行度量并分解。

(一)农业数字化绿色化协同发展总体差异及来源分解

表3 报告了2012—2021 年中国农业数字化绿色化协同发展的差异大小、来源及贡献结果。总体看,中国的总体基尼系数呈波动下降趋势,由期初的 0.074 3 下降至 2021 年的 0.062 3,总降幅达 16.14%,中国农业数字化绿色化协同发展由空间差异化逐渐向全域协同提升格局转变。由差异来源分解结果可知,区域间差异、区域内差异及超变密度的年均贡献率分别为 64.33%、23.62% 和 12.05%,区域间差异是中国农业数字化绿色化协同发展总体差异的主要成因。因此,农业数字化绿色化协同转型发展试点的开展和提升农业数字化绿色化协同发展整体动能,急需重视区域间协

调发展问题。

表3 农业数字化绿色化协同发展的区域差距来源及其贡献

年份	总体 G	区域内		区域间		超变密度	
		G _w	贡献率 /%	G _{sb}	贡献率 /%	G _t	贡献率 /%
2012	0.074 3	0.017 1	22.98	0.047 9	64.49	0.009 3	12.53
2013	0.076 4	0.017 8	23.36	0.047 5	62.22	0.011 0	14.42
2014	0.072 9	0.016 8	23.02	0.047 1	64.62	0.009 0	12.36
2015	0.070 4	0.016 5	23.43	0.044 4	63.15	0.009 4	13.42
2016	0.073 0	0.016 6	22.74	0.048 8	66.83	0.007 6	10.43
2017	0.072 2	0.017 3	23.95	0.046 7	64.66	0.008 2	11.40
2018	0.070 3	0.017 0	24.16	0.044 7	63.65	0.008 6	12.19
2019	0.070 1	0.016 8	23.90	0.045 6	65.02	0.007 8	11.08
2020	0.065 3	0.015 6	23.89	0.042 8	65.44	0.007 0	10.67
2021	0.062 3	0.015 4	24.76	0.039 4	63.23	0.007 5	12.01

(二)农业数字化绿色化协同发展区域内差异

图 5a 描绘了三大功能区内部农业数字化绿色化协同发展的非均衡状况。粮食主销区基尼系数始终高于其他区域,且整体变化相对平稳,在 0.057 0 左右波动。粮食主销区中的省域农业资源环境相对不佳,不同的经济发展模式对农业数字化绿色化协同发展的内生动力和后劲产生了差异性影响。如天津市作为典型的工业城市,农业并非主导产业,农业数字化绿色化协同发展水平相对较低;浙江省和广东省着重发展高新技术产业,可以通过打造农业数字工厂提高农业资源环境,具有较强的后发优势。粮食主产区区域内差异次之,样本均值为 0.049 1,但其差异曲线呈波动上升趋势,总增幅为 10.42%,需进一步关注。产销平衡区内部差异的均值全国最低,且曲线呈波动下降变化趋势,年均降速高达 1.94%。

(三)农业数字化绿色化协同发展区域间差异

图 5b 刻画了区域间农业数字化绿色化协同发展差异大小及其演变趋势。从区域间差异大小看,粮食主销区—产销平衡区间差异最大,粮食主产区—产销平衡区次之,粮食主销区—粮食主产区的基尼系数为全样本最低。从演变趋势看,粮食主销区—产销平衡区和粮食主产区—产销平衡区间差异均呈波动下降的趋势,年均降速分别为 2.02% 和 4.29%,非均衡现象趋于缓和,而粮食主销区—粮食主产区间差异整体呈现小幅上升态势,年均增长率为 1.02%,粮食主产区农业数字化绿色化协同发展逐渐与粮食主销区拉开差距,不平衡问题逐渐突出,这与前文研究结果相印证。

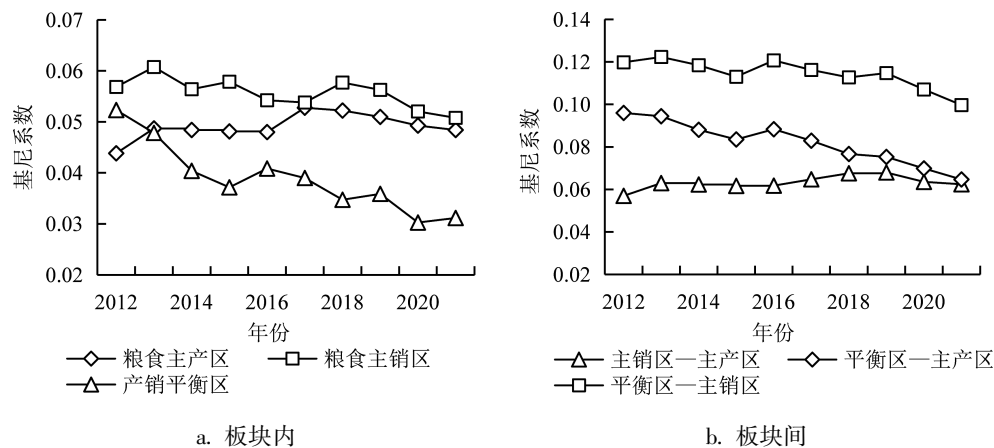


图5 三大粮食功能区农业数字化绿色化协同发展的基尼系数时序演变

五、农业数字化绿色化协同发展的空间收敛性分析

(一) 农业数字化绿色化协同发展的空间相关性检验

在进行 β 收敛之前,本文基于中国 2012—2021 年的农业数字化绿色化协同发展水平,采用 Moran's I 指数在地理邻接和空间距离权重矩阵^④下进行空间相关性检验。结果显示,两种权重矩阵下的 Moran's I 指数均显著为正,表明中国省份间农业数字化绿色化协同发展存在显著的空间相关性。因此,在进行 β 收敛时需考虑省份间的空间溢出效应。

(二) 农业数字化绿色化协同发展的绝对 β 空间收敛检验

在模型的选择中,借鉴 Elhorst^[27]的做法,首先

采用拉格朗日乘数法检验(LM 检验)来选择空间模型,若检验结果显示适用于空间杜宾模型(SDM),则进一步利用 LR 检验判断能否简化为空间误差模型(SEM)或空间滞后模型(SAR),最后结合 Hausman 检验,选择最优模型。

考虑结果稳健性,表 4 同时给出了农业数字化绿色化协同发展传统绝对 β 收敛模型和空间绝对 β 收敛模型的估算结果。第一,无论是否考虑空间因素的影响,全国整体、三大粮食功能区的估计系数 β 在 5% 水平下显著为负,说明在不考虑政府调控、经济驱动和产业结构等方面异质性的前提下,全国整体、三大粮食功能区农业数字化绿色化协同发展水平均存在显著收敛趋势。第二,收敛速度差异明显。全国整体收敛速度为 3.31%,各区域

表 4 农业数字化绿色化协同发展的绝对 β 收敛检验结果

模型	整体		粮食主产区		粮食主销区	产销平衡区	
	OLS	SEM	OLS	SDM	OLS	OLS	SDM
β	-0.234 1 *** (-5.78)	-0.256 8 *** (-6.21)	-0.215 8 *** (-4.06)	-0.297 5 *** (-5.15)	-0.220 0 ** (-2.35)	-0.254 2 *** (-3.31)	-0.260 8 *** (-3.85)
$W \times \beta$	-	-	-	0.237 6 *** (2.51)	-	-	0.130 3 (0.91)
ρ	-	-	-	0.219 0 * (1.80)	-	-	-0.313 0 * (-1.75)
λ	-	0.202 1 * (1.92)	-	-	-	-	-
收敛速度(%)	2.96	3.30	2.70	3.92	2.76	3.26	2.85
半收敛周期(年)	23.390 6	21.020 7	25.659 8	17.667 5	25.107 8	21.268 9	24.341 2
LM Spatial-error	-	42.731 ***	-	21.342 ***	0.207	-	8.129 ***
RobustLM Spatial-error	-	3.489 *	-	11.043 ***	0.201	-	9.589 ***
LM Spatial-lag	-	40.887 ***	-	21.68 ***	0.266	-	7.182 ***
RobustLM Spatial-lag	-	1.644	-	11.383 ***	0.260	-	8.642 ***
个体时间固定	是	是	是	是	是	是	是
Log-L	-	649.158 6	-	308.302 1	-	-	201.526 1
N	270	270	117	117	63	90	90

注:***、**和*分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.10$ 时有统计学意义;括号内为 t 值。下同。

④ 为避免内生性,本文采用严格外生的地理邻接和空间距离权重矩阵进行莫兰检验,分析以空间距离权重矩阵检验结果为主。

农业数字化绿色化协同发展的收敛速度有所不同,呈现“粮食主产区 > 产销平衡区 > 粮食主销区”的收敛格局。第三,全国及三大功能区的空间效应表现各异。除粮食主销区不存在空间效应外,全国、粮食主产区和产销平衡区均适用空间收敛模型。全国适用 SEM 模型,表明本省份的农业数字化绿色化协同发展水平未产生对其他省份的空间溢出。粮食主产区和产销平衡区均适用 SDM 模型,其中,粮食主产区为正向空间溢出效应,而产销平衡区的空间自相关系数 ρ 为负,其内部中心城市对边缘省市的农业数字化绿色化协同发展存在“虹吸效应”。值得注意的是,现实中不同区域的社会经济禀赋特征方面的异质性可能会导致上述收敛结论存在“伪相关”问题^[28],因此需要开展条件 β 收敛做进一步分析。

(三) 农业数字化绿色化协同发展的条件 β 空间收敛检验

表5报告了基于空间距离权重矩阵的条件 β 收敛检验结果。纳入控制变量后,全国及三大功能区农业数字化绿色化协同发展的 β 收敛系数仍显著为负。对比绝对收敛,全国及三大功能区的收敛速度虽仍呈现“粮食主产区 > 产销平衡区 > 粮食主销

区”的收敛特征,但收敛速度均大于绝对收敛速度。这表明农业数字化绿色化协同发展的收敛特征是由其本质属性所决定,相关社会经济特征并不会从根本上影响农业数字化绿色化协同发展趋同这一趋势,但其对农业数字化绿色化协同发展的收敛速度有一定正向影响。原因可能在于,相邻或相近省域之间农业数字化绿色化协同发展水平存在“位势差”,且在农业方面具有一定的共缘性和相似性,水平较高的省域在政府调控、经济驱动和产业结构等方面具有“溢出效应”,为水平较低的省域起到示范作用,有利于水平较低的省域整合资源,发挥自身“后发优势”,从而加快收敛率,缩短收敛周期。此外,就空间自回归系数 ρ 看,全国和粮食主产区的空间自回归系数 ρ 显著为正,表明两地区内省域农业数字化绿色化协同发展水平增长会受到邻近省域的正向空间溢出效应。而产销平衡区的空间自回归系数 ρ 显著为负,存在负向空间溢出,绝对收敛亦是如此,意味着山西、重庆和广西等中心省份对青海等边缘省份的农业数字化绿色化协同发展水平存在“虹吸效应”,存在“核心—边缘”的格局,结合此地区条件 β 收敛系数显著为负来看,该区域呈现“核心—边缘”和整体收敛并存的格局特征。

表5 农业数字化绿色化协同发展的条件 β 收敛检验结果

模型	整体		粮食主产区		粮食主销区	产销平衡区	
	OLS	SDM	OLS	SAR	OLS	OLS	SAR
β	-0.324 1 *** (-7.67)	-0.417 0 *** (-9.45)	-0.311 3 *** (-5.62)	-0.304 9 *** (-6.36)	-0.320 1 * (-3.21)	-0.437 3 *** (-4.49)	-0.426 0 *** (-5.27)
$W \times \beta$	-	0.200 0 * (-1.91)	-	-	-	-	-
$\ln gor$	-0.005 2 (-0.44)	-0.004 6 (-0.40)	-0.017 5 (-0.87)	-0.019 2 (-1.10)	0.042 6 (1.68)	-0.017 7 (-0.56)	-0.018 0 (-0.69)
$\ln ind$	0.387 4 *** (3.14)	0.446 7 *** (4.02)	0.422 4 *** (3.10)	0.444 7 *** (3.77)	0.287 0 ** (2.38)	0.238 9 (0.57)	0.256 7 (0.73)
$\ln inc$	0.188 9 *** (2.86)	0.066 0 (0.96)	0.096 2 (1.26)	0.086 5 (1.31)	-0.104 8 (-0.88)	0.327 0 (1.49)	0.321 9 * (1.77)
$\ln urb$	0.052 8 (0.58)	0.175 3 *** (2.63)	0.133 9 (1.03)	0.129 0 (1.15)	0.603 5 *** (2.77)	0.393 0 * (1.98)	0.396 7 ** (2.42)
$\ln edu$	0.208 6 ** (2.55)	0.276 1 *** (3.60)	0.045 6 (0.33)	0.065 8 (0.54)	0.379 6 ** (2.15)	0.415 0 *** (2.77)	0.392 2 *** (3.15)
ρ	-	0.173 8 * (1.65)	-	0.195 2 * (1.71)	-	-	-0.344 1 ** (-2.05)
λ	-	-	-	-	-	-	-
收敛速度(%)	4.35	6.00	4.14	4.04	4.29	6.39	6.17
半收敛周期(年)	15.931 9	11.561 7	16.727 0	17.152 4	16.169 4	10.849 1	11.237 7
$LM\ Spatial-error$	-	25.984 ***	-	16.172 ***	0.004	-	5.105 **
$RobustLM\ Spatial-error$	-	6.891 ***	-	1.536	6.604 ***	-	0.008
$LM\ Spatial-lag$	-	33.124 ***	-	18.714 ***	0.053	-	5.448 **
$RobustLM\ Spatial-lag$	-	14.031 ***	-	4.078 **	6.653 ***	-	0.35
个体时间固定	是	是	是	是	是	是	是
$Log-L$	-	682.801 4	-	322.368 3	-	-	209.897 7
N	270	270	117	117	63	90	90

从各控制变量看,在全国及三大功能区中,各因素对农业数字化绿色化协同发展增速的影响程度和方向并不一致。根据全国的回归检验结果,产业结构、人力资本和城镇化水平系数显著为正,即产业结构的优化、人力资本的提高及城镇化的推进可有效提高农业数字化绿色化协同发展增速,促进农业数字化绿色化协同发展水平不断改善。具体到各区域,粮食主产区各省域农业数字化绿色化协同发展增速主要受产业结构影响,回归系数为 0.444 7,是促进粮食主产区农业数字化绿色化协同发展实现空间收敛的科学指引。粮食主销区与全国类似,产业结构、人力资本和城镇化水平系数显著为正,而政府干预和经济驱动系数不显著,原因可能在于,粮食主销区内各省均为沿海省市,经济基础良好但农业生产规模较小,故政府干预和经济驱动对其农业数字化绿色化协同发展水平增速的边际影响随之减弱,产业结构、人力资本和城镇化水平更能带来显著的促进效应。就产销平衡区,经济驱动、城镇化及人力资本回归系数显著为正,三者对农业数字化绿色化协同发展的提升起到积极作用。

(四)稳健性检验

基于结果稳健性,本文从各省份的地理特征出发,构建地理邻接权重矩阵纳入时空收敛模型,重新考察农业数字化绿色化协同发展的收敛特征。结果显示,在地理邻接权重矩阵下,中国农业数字化绿色化协同发展的 β 收敛系数均显著为负,且其绝对值大小与在空间距离权重矩阵下的回归结果相似,表明本文结果具有稳健性。

六、结论与政策建议

本文在农业数字化指数和绿色化指数测度的基础上,借助耦合协调模型考察中国各省域 2012—2021 年农业数字化绿色化协同发展水平,并利用相对发展度模型、Dagum 基尼系数和空间 β 收敛模型揭示了农业数字化与绿色化的相对发展特征、空间差异及收敛趋势。①从时序演变看,全国及三大功能区农业数字化绿色化协同发展指数明显提升,整体向协调发展靠拢;从空间分布特征看,中国农业数字化绿色化协同发展在空间上呈现出“粮食主销区 > 粮食主产区 > 产销平衡区”的空间分布格局固化”和“空间聚集特征显著”的分

布特征。②粮食主产区和产销平衡区农业数字化绿色化协同发展经历了从滞后发展型向同步发展型的转变,较过去显著失衡的发展模式有了极大改善;全国整体及产销平衡区仍处于滞后发展状态,亟需着力推进农业数字化,促进农业数字化与绿色化在高水平上协调发展。③中国农业数字化绿色化协同发展由空间差异化逐渐向全域协同提升格局转变;解决农业数字化绿色化协同发展差异问题的关键在于缩小粮食主销区与其它两地区的差异。④全国及三大功能区农业数字化绿色化协同发展具有明显的 β 收敛趋势,此外,空间互动状态下产业结构的优化、人力资本的提高及城镇化的推进可有效提高中国农业数字化绿色化协同发展增速,促进农业数字化绿色化协同发展水平不断改善。据上述研究结论,本文提出如下政策启示。

第一,认清并把握农业数字化绿色化协同发展的整体形势和方向。党的十八大以来,全国及三大功能区农业数字化绿色化协同发展指数虽明显提升,但仍有较大的提升空间,且各地区农业数字化和绿色化的同步程度各异,需厘清各区域农业数字化绿色化协同发展存在的问题及短板,从整体上全面提高农业数字化绿色化协同发展水平。具体而言,粮食主销区现阶段虽处于协调发展阶段,但其农业绿色化略滞后于数字化,应以农业气象监测、农产品电子商务和标准生产控制管理等数字技术为切入点,提高农业资源使用效率,加强农业面源污染防控,以数字化驱动农业绿色发展。而产销平衡区则农业数字化滞后于绿色化,暨需完善农业数字基础设施建设,重视创新型人才引入,搭建农业数字化应用平台,以数字化发展引领农业现代化。

第二,基于全局框架下协调统筹地区农业数字化绿色化协同发展建设,逐渐缩小地区间差异。与区域内差距相比,区域间差距更为严峻,是推动区域协调发展的关键路径。因此,在推动农业数字化绿色化协同发展的同时,可适当考虑农业数字化绿色化协同发展水平落后的粮食主销区和产销平衡区的政策倾斜,充分发挥其能源、土地及劳动力等优势,加快农业数字绿色化协同转型升级。此外,基于省域间农业数字化绿色化协同发展的

空间相关性,有必要不断强化省域间的协同发展意识,利用区域中的科技中心和经济中心省份的优势,推进建设农业数字化和绿色化先行区、试验区,形成绿色可持续的科技研发共享链和要素流动价值链,从而促使农业数字化绿色化协同发展高水平省份拉动低水平省份发展,避免出现区域内省份之间的过度落差。

第三,聚焦于不同地区的收敛性特征,实现区域农业数字化绿色化协同发展的协调提升。由条件收敛结果可知,各区域农业数字化绿色化协同发展水平的影响因素具有异质性。因此,在新发展阶段各地区应根据自身发展特征分类施策,形成具有区域特色的农业数字化绿色化协同发展协同提升道路。比如,在收敛速度较慢的粮食主销区,农村交通基础设施扮演着重要的角色,应加快农村交通基础设施建设步伐,积极推动各类要素城乡互联互通,助力农业数字化绿色化协同发展收敛速度摆脱束缚,支撑乡村振兴战略和区域协调发展。

参考文献:

- [1] 中国信息通信研究院,数字化绿色化协同发展白皮书(2022年)[EB/OL]. (2023-01-07)[2024-06-12]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202301/P020230107860562732799.pdf>.
- [2] 孙伟琳,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.
- [3] 刘元胜. 农业数字化转型的效能分析及应对策略[J]. 经济纵横,2020(7):106-113.
- [4] 易加斌,李霄,杨小平,等. 创新生态系统理论视角下的农业数字化转型:驱动因素、战略框架与实施路径[J]. 农业经济问题,2021(7):101-116.
- [5] 钟文晶,罗必良,谢琳. 数字农业发展的国际经验及其启示[J]. 改革,2021(5):64-75.
- [6] 高杨,王寿彭,韩子名. 农业数字化与新型农业经营主体发展[J]. 中南财经政法大学学报,2023(5):108-121.
- [7] 苏锦旗,潘婷,董长宏. 中国农业数字化发展及区域差异评价[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2023,23(4):135-144.
- [8] 于法稳. 新时代农业绿色发展动因、核心及对策研究[J]. 中国农村经济,2018(5):19-34.
- [9] 金书秦,张哲晰,胡钰,等. 中国农业绿色转型的历史逻辑、理论阐释与实践探索[J]. 农业经济问题,2024(3):4-19.
- [10] 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.
- [11] 杨骞,王珏,李超,等. 中国农业绿色全要素生产率的空间分异及其驱动因素[J]. 数量经济技术经济研究,2019,36(10):21-37.
- [12] 盖美,杨尚菲,何亚宁. 东北粮食主产区农业绿色发展水平时空演化及其影响因素[J]. 资源科学,2022,44(5):927-942.
- [13] 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(11):11-20.
- [14] 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.
- [15] 杜建军,章友德,刘博敏,等. 数字乡村对农业绿色全要素生产率的影响及其作用机制[J]. 中国人口·资源与环境,2023,33(2):165-175.
- [16] 金绍荣,任赞杰. 乡村数字化对农业绿色全要素生产率的影响[J]. 改革,2022(12):102-118.
- [17] 王定祥,彭政钦,李伶俐. 中国数字经济与农业融合发展水平测度与评价[J]. 中国农村经济,2023(6):48-71.
- [18] 慕娟,马立平. 中国农业农村数字经济发展指数测度与区域差异[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2021,20(4):90-98.
- [19] 严立冬. 绿色农业发展与财政支持[J]. 农业经济问题,2003(10):36-39.
- [20] 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.
- [21] 刘伟,范欣. 以高质量发展实现中国式现代化 推进中华民族伟大复兴不可逆转的历史进程[J]. 管理世界,2023,39(4):1-16.
- [22] 胡瑞,沈祖贤,宾朋. 我国农业科技人才供给与需求协调发展的时空差异分析:基于1999—2018年省际面板数据[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2022(2):67-79.
- [23] 程琳琳,张俊飏,田云,等. 中国省域农业碳生产率的空间分异特征及依赖效应[J]. 资源科学,2016,38(2):276-289.
- [24] 王淑佳,孔伟,任亮,等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报,2021,36(3):793-810.
- [25] DAGUM C. Decomposition and interpretation of Gini and the generalized entropy inequality measure[J]. Statistica, 1997,57(3):295-308.
- [26] 余长林,杨国歌,杜明月. 产业政策与中国数字经济行业技术创新[J]. 统计研究,2021,38(1):51-64.
- [27] ELHORST J P. Matlab software for spatial panels[J]. International regional science review,2014,37(3):389-405.
- [28] 张龙耀,邢朝辉. 中国农村数字普惠金融发展的分布动态、地区差异与收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(3):23-42.

(本文责编:润 泽)