

黑龙江省数字经济与农业绿色发展的耦合协调及区域差异分析

白东辉, 张琦*

(黑龙江八一农垦大学经济管理学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要: 数字经济与农业绿色发展的良性互动、协同共进是实现农业高质量发展的重要推动力。为探究黑龙江省数字经济和农业绿色发展的耦合协调情况, 选取2014—2023年黑龙江省及13个地级市的面板数据为样本, 采用耦合协调模型与Dagum基尼系数等方法分析二者耦合协调度的时空变化特征及区域差异来源。结果表明, 黑龙江省数字经济与农业绿色发展除哈尔滨外均处于较低水平, 增长速度缓慢, 耦合协调度总体呈现波动式上升趋势, 但并未达到高质量协调发展状态。区域差异的主要来源由超变密度变为组间差异, 西部核心区与东北部外围地区差距扩大。因此, 应针对区域差异因地制宜施策, 充分发挥各区域优势加强合作, 坚持人才培养与技术研发创新, 让数字经济与农业绿色发展能够协同发力、相互促进, 以此推动黑龙江省实现农业高质量发展。

关键词: 数字经济; 农业绿色发展; 耦合协调

中图分类号: F327; F49; F323.3 **文献标识码:** A

文章编号: 2096-5877(2026)01-0102-07

Analysis on the Coupling Coordination and Regional Differences between Digital Economy and Green Agricultural Development in Heilongjiang Province

BAI Donghui, ZHANG Qi*

(Economic and Management College, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: The positive interaction and coordinated advancement between the digital economy and green agricultural development are important driving forces for achieving high-quality agricultural development. To explore the coupling and coordination between the digital economy and green agricultural development in Heilongjiang Province, panel data from 2014 to 2023 for Heilongjiang Province and its 13 prefecture-level cities were selected as samples. The coupling coordination model and methods such as the Dagum Gini coefficient were used to analyze the spatiotemporal variation characteristics and sources of regional differences in the degree of their coupling and coordination. The results show that except for Harbin, both the digital economy and green agricultural development in Heilongjiang Province are at relatively low levels and grow slowly. Overall, the degree of coupling and coordination shows a fluctuating upward trend but has not reached a state of high-quality coordinated development. The main source of regional differences has shifted from hyper-variance density to inter-group differences, with the gap between the western core area and the northeastern peripheral areas widening. Therefore, policies should be tailored to regional differences, fully leveraging the advantages of each region to strengthen cooperation, persist in talent cultivation, technological R&D and innovation, so that the digital economy and green agricultural development can work in synergy and promote each other to drive the high-quality development of agriculture in Heilongjiang Province.

Key words: Digital economy; Green agricultural development; Coupling coordination

收稿日期: 2025-10-12

基金项目: 黑龙江省哲学社会科学研究规划项目(23GLD054); 黑龙江八一农垦大学学成、引进人才科研启动项目“产业生态化背景下黑龙江省林业产业发展策略研究”(XYB201808)

作者简介: 白东辉(1998-), 女, 在读硕士, 研究方向为农业经济与政策。

通信作者: 张琦, E-mail: zhangqi_1109@126.com

随着全球气候变化加剧与可持续发展理念的深化,农业绿色发展已成为保障粮食安全、实现生态保护与经济增长协同发展的必然选择。2023年中央一号文件再次强调积极推进农业绿色发展先行区,加快推动农业绿色发展。作为我国最重要的商品粮基地和生态屏障,黑龙江省肩负着维护国家粮食安全与黑土地保护的使命,推动其数字经济与农业绿色发展深度融合并保持动态平衡至关重要。目前,黑龙江省数字经济发展呈现加速态势,但发展水平不均衡,由于数字技术投入成本高昂,其推广和实施都需要足够的资金支持,许多小农户和农村地区难以负担过高的成本,绿色生产技术难以全面推开,数字鸿沟进一步加剧。此外,虽然黑龙江省政府出台了一系列人才引进政策,但仍旧面临高层次人才和青年人才大量外流的问题,数字农业领域人才短缺^[1]。这些因素都制约了数字经济促进农业现代化与区域高质量发展。随着数字经济在农业领域的渗透和融合,数据要素与数字技术共同参与农业全产业链,将经验依赖性传统农业发展转变为数据驱动型绿色农业,推动农业生产方式绿色变革^[2]。因此,只有明确黑龙江省数字经济与农业绿色发展的耦合协调关系,分析两者之间协调发展的时空变化特征,厘清区域协同水平差异的成因,才能因地制宜、精准施策,促进数字经济和农业绿色发展的深度融合,为实现绿色可持续的现代化农业提供新的动力。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

黑龙江省位于我国东北部,由大兴安岭、小兴

安岭、长白山脉及松嫩平原、三江平原构成,是我国最大的商品粮基地和生态屏障,以水稻、玉米、大豆等粮食种植和畜牧业为主导产业。根据最新统计,黑龙江省耕地面积约 $1\ 713.88\times 10^4\ \text{hm}^2$ (2022年),占全省总面积的37.8%。农业以引水灌溉与井灌相结合为主要灌溉方式,水资源总量较丰富但季节分配不均,而黑土退化、季节性干旱、低温冷害及局部洪涝灾害等自然因素制约了农业可持续发展。

1.2 数据来源与指标体系

综合考虑数据的可获得性与时效性,选取黑龙江省及13个地级市为研究对象,研究周期为2014—2023年,指标数据主要来源于各年份《黑龙江省统计年鉴》《中国农村统计年鉴》、工业和信息化部网站、地市国民经济和社会发展公报和《北京大学数字普惠金融指数》。对于个别缺失数据,采用均值法进行填补。

关于数字经济与农业绿色发展两个系统的综合评价指标体系,鉴于市级层面数据的可获得性,为使结果更加科学、准确,遵循系统性、科学性动态性等原则,参考中国信息通信研究院的研究及赵涛、许宪春等的观点^[3-4],将数字经济分为数字基础设施、数字产业应用和数字生态环境3个维度。参考魏琦、孙炜琳^[5-6]等的相关研究,将农业绿色发展分为资源节约、产出高效、生态保护和绿色发展4个方面,具体如表1所示。

1.3 研究方法

1.3.1 耦合协调度模型

耦合在物理学中是指两个或多个系统之间通过相互作用产生能量或信息传递,进而相互关联的现象。而耦合协调度模型在耦合模型的基础上

表1 黑龙江省数字经济与农业绿色发展评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of digital economy and green agricultural development in Heilongjiang Province

项目 Project	一级指标 Primary indicator	二级指标 Secondary indicator	权重 Weight
数字经济	数字基础设施	固定互联网宽带接入用户数/万户	0.061 9
		光缆线路长度/万公里	0.052 2
		每百人移动电话数/部·百人 ⁻¹	0.035 0
	数字产业应用	电信业务总量/万元	0.099 1
		信息传输、软件及信息技术服务业固定资产投资/万元	0.169 6
		信息传输、软件和信息技术服务业从业人数/人	0.139 2
		科技支出占地方财政支出比重/%	0.045 7
	数字生态环境	专利授权量/件	0.136 7
		R&D人员全时当量/人·年 ⁻¹	0.159 3

续表 1
Table 1 Continued

项目 Project	一级指标 Primary indicator	二级指标 Secondary indicator	权重 Weight
农业绿色发展	资源利用	R&D经费占GDP比重/%	0.068 3
		数字普惠金融指数	0.033 1
		耕地复种指数/%	0.018 8
		有效灌溉面积/km ²	0.141 6
		化肥施用强度/t·hm ⁻²	0.013 2
		农机使用效率/kW·hm ⁻²	0.043 1
	产出高效	单位面积粮食产量/kg·hm ⁻²	0.034 8
		农业劳动生产率/%	0.222 1
		土地生产率/万元/人	0.057 8
		农村居民人均可支配收入/元	0.057 5
	生态保护	营造林面积/hm ²	0.122 6
		森林覆盖率/%	0.064 1
		水土流失率/%	0.037 7
	绿色生活	人均公园绿地面积/m ²	0.102 8
		生活垃圾清运量/万 t	0.063 5
		建成区绿化覆盖率/%	0.020 2

引入协调水平从而更精准刻画系统的动态关系。通过参考相关文献^[7],构建数字经济与农业绿色发展的耦合协调模型,公式为:

$$C = 2 \times \left[\frac{U_1 U_2}{U_1 + U_2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \dots\dots\dots (3)$$

式中,C为耦合度;T代表整个系统的综合协调水平;U₁、U₂分别为数字经济和农业绿色发展的综合评价指数;α、β为待定系数,鉴于数字经济和农业绿色发展同等重要,取α=β=0.5;D为耦合协调度指数,取值范围为[0,1],耦合协调度越大则表示2个系统的耦合协调发展水平越高。参考相关研究^[8],根据耦合协调度D值区间划分为10个等级,其中[0.0~0.1]为极度失调,[0.1~0.2]为严重失调,[0.2~0.3]为中度失调,[0.3~0.4]为轻度失调,[0.4~0.5]为濒临失调,[0.5~0.6]为勉强协调,[0.6~0.7]为初级协调,[0.7~0.8]为中级协调,[0.8~0.9]为良好协调,[0.9~1.0]为优质协调。

1.3.2 Dagum 基尼系数

Dagum 基尼系数法是对传统基尼系数的重要改进,将基尼系数分为区域内差异、区域间差异和超变密度3个部分,有效解决了样本数据的交

叉重叠问题,同时更准确地识别区域差距及其来源,在经济学研究中获得广泛应用。参考相关文献^[10],采用Dagum 基尼系数对数字经济与农业绿色发展耦合协调空间差异及来源进行分析,具体公式如下:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \dots\dots\dots (4)$$

式中,G为总体基尼系数;k为区域划分数量;n为每个区域内城市的数量;y_{ji}与y_{hr}分别为i、j区域中h、r省份的耦合协调度值;n_j(n_h)为第j(h)个区域内城市的个数;y⁻代表所有城市的耦合协调度均值。将总体基尼系数(G)分解为区域内差异贡献(G_w)、区域间差异贡献(G_{nb})和超变密度贡献(G_t),各系数间满足:

$$G = G_w + G_{nb} + G_t \dots\dots\dots (5)$$

2 数字经济与农业绿色发展耦合协调度测算

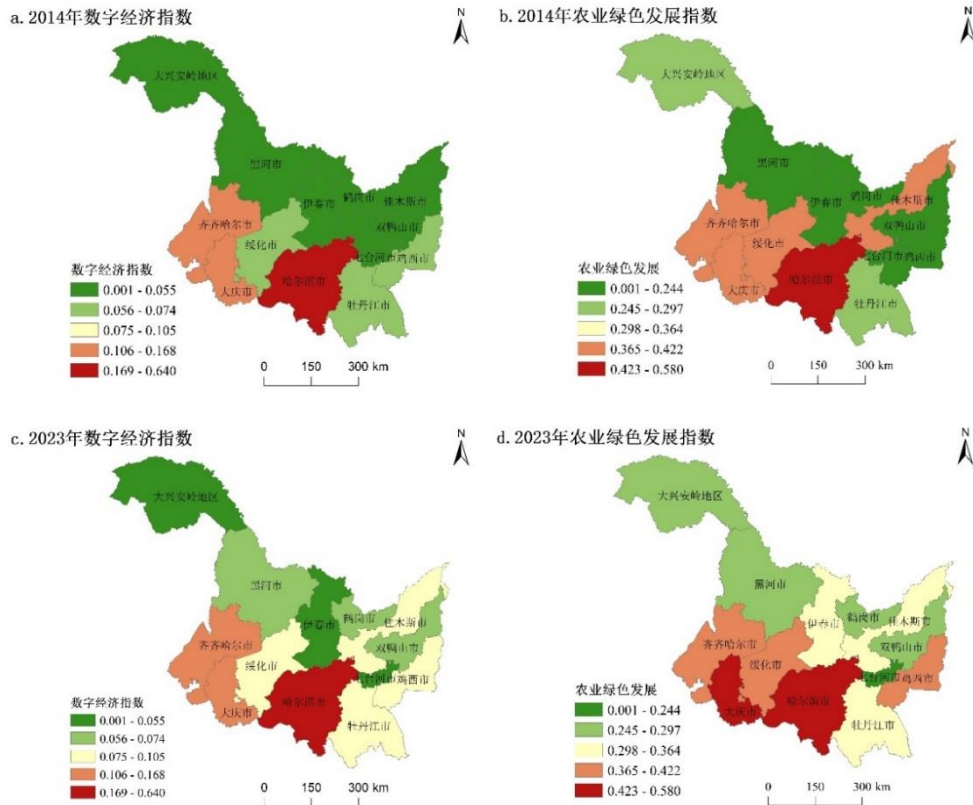
2.1 综合水平评价

根据黑龙江省2014—2023年数字经济与农业绿色发展的综合评价结果可以看出,全省数字经济发展水平呈显著上升趋势。从2014年的0.266增长至2023年的0.619,涨幅达到132.7%,但

整体分布格局并无较大改变,呈现“中心高、外围低”的结构。高值区主要集中在哈尔滨及其周边经济相对发达地区,而边缘地区如大兴安岭、黑河、伊春等地,受制于地理条件和传统产业依赖,数字经济发展相对滞后。

农业绿色发展指数从2014年的0.230上升至2023年的0.748,涨幅高达225.2%,说明全省农业绿色转型成效显著。各地级市中,大庆市、哈尔滨市、绥化市等农业基础较好的地区指数较高,

且增长明显,如大庆市从0.382增至0.580,绥化市从0.304增至0.421。从空间演变来看,农业绿色发展指数较高的地区主要分布在松嫩平原和三江平原等农业主产区,如哈尔滨、大庆、绥化、佳木斯等地,这些地区土壤肥沃、水资源丰富,具备良好的农业生产条件。相比之下,鹤岗、七台河等资源型城市因产业结构偏重工业、农业基础较弱,农业绿色发展水平较低(图1)。



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2023)2767号的标准地图绘制,底图无修改。

Note: This map is drawn based on the standard map with review number GS(2023)2767 downloaded from the Ministry of Natural Resources' Standard Map Service website, and the base map has not been modified.

图1 黑龙江省数字经济与农业绿色发展的空间格局

Fig.1 Spatial pattern of digital economy and green agricultural development in Heilongjiang Province

2.2 耦合协调度结果分析

根据2014—2023年黑龙江省及其13个地级市的数字经济与农业绿色发展综合评价价值,通过耦合协调度模型计算出二者之间的耦合协调度,并按照计算结果划分为东部(鸡西、鹤岗、佳木斯、双鸭山、七台河)、西部(哈尔滨、齐齐哈尔、大庆、绥化、牡丹江)和北部(大兴安岭地区、伊春、黑河)三大区域,具体结果如图2所示。

时间上,2014—2023年黑龙江省总体耦合协调度稳步上升趋势。2014—2017年全省均值缓慢增长,在数字基建的普及与农业政策精准驱动

的影响下,2018年黑龙江省耦合协调水平高速增长,从2018年的0.523升至2019年的0.731,后期增速放缓,仍在2023年达到0.883。

空间上,三大区域中东部资源型城市增长幅度最大,从2014年全省最低区域均值0.268升至2023年的0.818,增幅最大的原因为东部地区城市前期基础较差,上升空间大,后期资源型城市数字化转型政策的实施,弥补了基础设施建设上的短板。同时西部和北部的耦合协调度也有不同程度的增长,北部的耦合协调度变化程度最低,增加了0.319。西部地区均值从2014年的0.319升至

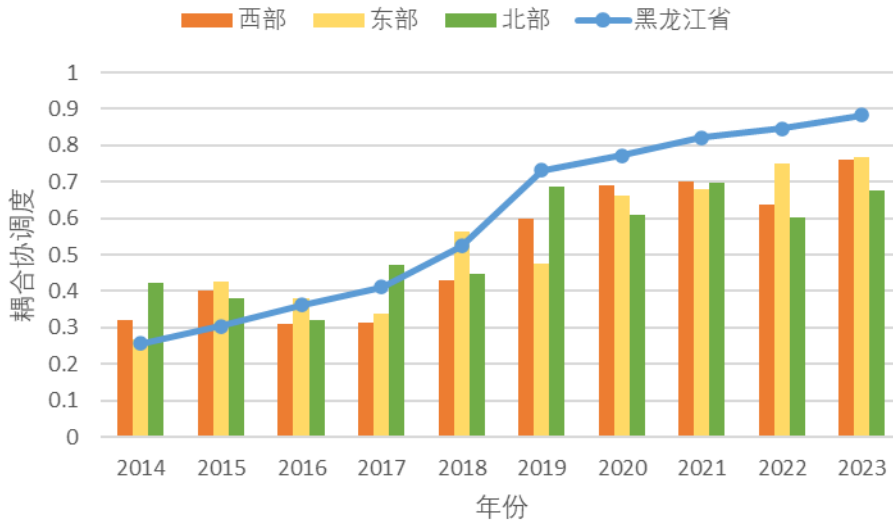


图2 黑龙江省及三大区域耦合协调度变化

Fig.2 Changes in coupling coordination degree of Heilongjiang Province and its three major regions

2023年的0.731,增长幅度处于中等,但2023年耦合协调度在三大区域中最低,主要原因在于绥化市拉低了西部整体耦合协调水平,也反映出农业数字化渗透不均衡的问题。

2.3 耦合协调度区域差异及来源

黑龙江省数字经济与农业绿色发展耦合协调度的Dagum基尼系数及其分解的具体结果如图3所示。2014—2023年黑龙江省数字经济与农业绿色发展耦合协调度总体基尼系数呈显著下降趋势,从0.221持续下降至0.057,降幅73.4%,表明全省各城市的协调发展水平差距显著缩小,近年处于低位平稳状态。东部组内基尼系数从2014年的0.129至2023年的0.028,降幅最大,表明东部资源型城市在利用数字经济推动农业绿色转型方面

取得普遍成效。北部地区组内基尼系数波动较大,表明其区域内部发展并不稳定,存在个别城市因政策或地缘优势暂时领先的状态。西部组内差异波动最小,虽然在2022年有小幅上涨,但整体处于均衡状态。

区域内差距缩小的同时超变密度也呈现波动式下降趋势,区域发展分层更加明显。总体组间差异系数在2014—2019年大幅上升,从2014年的0.008升至2019年的0.079;2020—2023年也有小幅回升。主要原因在于西部与东部、北部之间的差距扩大,西部作为数字经济核心区,其数字技术与农业绿色发展的融合质量和发展速度远快于东部和北部。

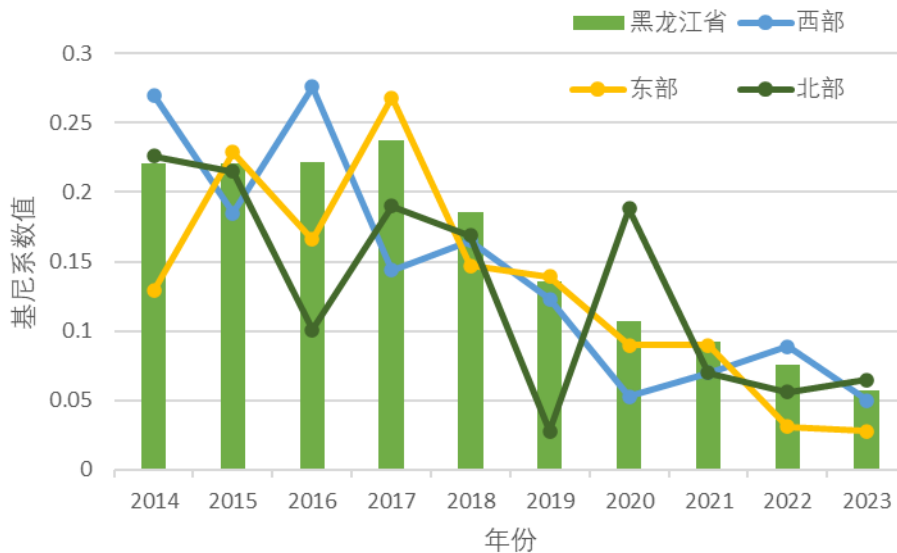


图3 2014—2023年总体及区域内基尼系数

Fig. 3 Gini coefficient overall and by region from 2014 to 2023

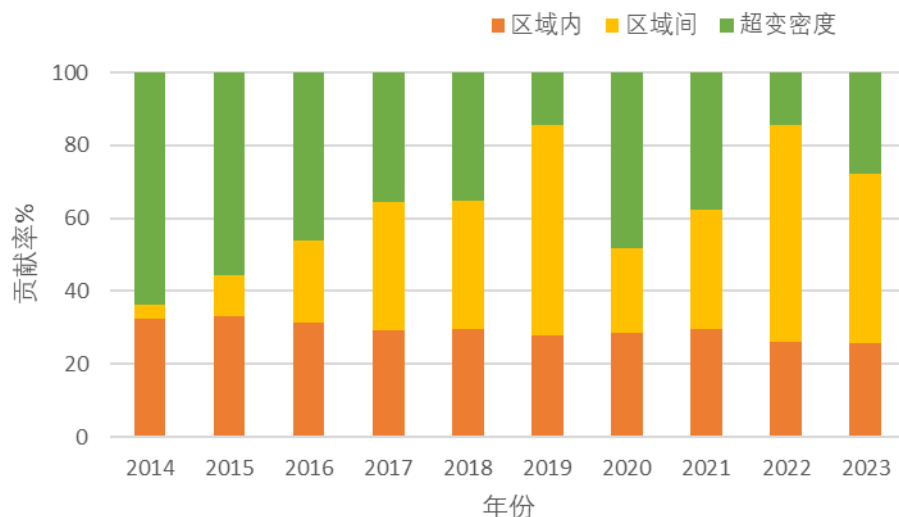


图4 2014—2023年基尼系数分解项贡献率

Fig.4 Contribution rates of gini coefficient decomposition items from 2014 to 2023

黑龙江省数字经济与农业绿色发展耦合协调度基尼系数及其分解项贡献率如图4所示。从贡献率整体来看,2014—2018年超变密度差异贡献率最大,均值达47.3%,说明各区域间的数字经济与农业绿色发展水平分布重叠度较高,区域差异还不明显。2018年后组间差异贡献率成为核心来源,贡献率均值达44%,组内贡献率与超变密度贡献率次之,均值分别为27.5%和28.5%。2019—2023年基础设施均衡化推动组间差异缩小,三者贡献率逐渐趋同,但组间贡献率仍高于组内与超变密度贡献率。造成以上格局的主要原因一是自然环境、经济水平与农业技术设施等条件存在差异,二是政策干预的推进程度不同,转型节奏不一,最终导致黑龙江省数字经济与农业绿色发展耦合协调度存在明显空间差异。

3 结论与建议

3.1 结论

本文首先构建了数字经济与农业绿色发展两个子系统的评价指标体系,基于2014—2023年黑龙江省数字经济与农业绿色发展的综合评价指数,采用耦合协调模型与Dagum基尼系数法探索二者耦合协调水平及区域差异变化,得出以下结论:

(1)黑龙江省的数字经济和农业绿色发展除哈尔滨外均处于较低水平,整体呈现上升趋势,但增长速度缓慢,数字经济增长幅度小于农业绿色发展增长幅度。数字经济呈现以哈尔滨为核心的“中心高、外围低”的结构,农业绿色发展则与农业资源分布高度相关。

(2)黑龙江省数字经济和农业绿色发展耦合协

调度随时间推移持续上升,虽然数字经济与农业绿色发展两个系统的绝对水平偏低,但步调一致,相互促进,带来耦合协调度的显著提升。

(3)区域差距显著缩小,2014—2018年超变密度差异是耦合协调度差异的主要来源,2019—2023年不同区域组间贡献率最大,均值为44%,组内差异贡献率次之,均值保持在30%左右,比较稳定。西部核心区与东北部外围地区差距扩大,区域发展不均衡问题凸显。

3.2 建议

(1)根据不同地区的农业生产特点,采取差异化措施,因地制宜制定发展目标。西部地区发挥其科技和人才优势,利用农业物联网、智能农机装备等数字技术,提高农业生产效率和农产品质量,实现粮食生产的规模化、智能化和绿色化。东部地区作为农业主产区同时拥有靠近边境的优势,利用电商平台,将数字技术应用于特色农产品和绿色食品的品牌打造,突破地理局限,发展跨境数字农业,推动绿色农产品的出口。北部生态区有丰富的森林资源,数字经济的发展必须与生态保护紧密结合,加强对数字基础设施的投入,推动数字经济与农业绿色发展深度融合,实现区域协调与可持续发展。

(2)增强区域间要素流动,推动产业协同发展。加强区域间农业产业链的协作,形成优势互补的产业格局,如哈尔滨等城市的农产品加工企业与周边地区的种植基地建立紧密的合作关系,通过数字技术实现生产、加工、销售的精准对接。同时整合各地的农业资源、市场需求、技术成果等信息,通过全省统一的农业数据共享平台,让

数据流动起来缩小区域差距,优化资源配置。

(3)加强人才培养与技术研发创新。提高农民和农业从业人员的数字素养和绿色农业生产技能,为农技人员提供更多关于电子商务、无人机操作、物联网设备使用等针对性的数字化技能培训。加大科研投入,深化与国内外科研机构的合作,引进和吸收先进的技术成果的同时充分考虑不同地区的实际需求和自然条件,加快科技成果转化应用。

(4)数字经济与农业绿色发展协同发力,相互促进。首先,数字技术赋能农业绿色发展,推广数字化种养模式,实现精准施肥、灌溉、病虫害防控等在农业种植中的应用,构建数字化、绿色化农资供应与服务体系,加强农产品市场监测、分析与预警,畅通销售渠道。其次,农业绿色发展推动数字经济应用创新,随着农业绿色发展对精准化、智能化需求的增加,将倒逼数字技术在农业领域的创新应用,数字技术的创新带动数字经济与农业绿色发展实现优质协调。

参考文献:

- [1] 饶龙先.数字经济赋能黑龙江省现代农业发展研究[J].农业经济,2025(1):13-16.
RAO L X. Research on empowering the modern agricultural development of Heilongjiang province by digital economy[J]. Agricultural Economy, 2025(1): 13-16. (in Chinese)
- [2] 卢京宇,郭俊华.数字经济赋能农业绿色发展的碳减排效应[J].江西财经大学学报,2024(3):78-90.
LU J Y, GUO J H. The green agricultural development empowered by the carbon emission reduction effect of digital economy [J]. Journal of Jiangxi University of Finance and Economics, 2024(3): 78-90. (in Chinese)
- [3] 赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J].管理世界,2020,36(10):65-76.
ZHAO T, ZHANG Z, LIANG S K. Digital economy, entrepreneurial activity, and high-quality development: Empirical evidence from Chinese cities[J]. Management World, 2020, 36(10): 65-76. (in Chinese)
- [4] 许宪春,张美慧.中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J].中国工业经济,2020(5):23-41.
XU X C, ZHANG M H. Research on the measurement of China's digital economy scale—from the perspective of international comparison[J]. China Industrial Economics, 2020(5): 23-41. (in Chinese)
- [5] 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.
WEI Q, ZHANG B, JIN S Q. Construction and regional comparison study of China's agricultural green development index[J]. Agricultural Economic Issues, 2018(11): 11-20. (in Chinese)
- [6] 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.
SUN W L, WANG R B, JIANG Q, et al. Research on the connotation and evaluation of green agricultural development[J]. China Agricultural Resources and Zoning, 2019, 40(4): 14-21. (in Chinese)
- [7] 张永恒,李苏.中国数字金融与双循环发展耦合协调的空间差异研究[J].统计理论与实践,2023(2):3-10.
ZHANG Y H, LI S. A Study on the spatial differences in the coupling coordination between digital finance and dual circulation development in China[J]. Statistical Theory and Practice, 2023(2): 3-10. (in Chinese)
- [8] 张清华,于振山,郭兰英.中国物流业与经济高质量发展时空演化研究[J].经济问题,2023(2):60-68.
ZHANG Q H, YU Z S, GUO L Y. A Study on the spatiotemporal evolution of coordinated high-quality development between China's logistics industry and economy[J]. Economic Issues, 2023(2): 60-68. (in Chinese)
- [9] 潘红玉,潘为华.产业链高质量发展水平测度、动态演进及障碍因子识别[J].统计与决策,2024,40(18):97-102.
PAN H Y, PAN W H. Measurement, dynamic evolution, and identification of obstacle factors of high-quality development level of the industrial chain[J]. Statistics and Decision, 2024, 40(18): 97-102. (in Chinese)
- [10] 王淑贺.数字经济与能源高质量发展的动态耦合及碳减排效应[J].北京理工大学学报(社会科学版),2025,27(1):75-87.
WANG S H. Dynamic coupling between the digital economy and high-quality energy development and its carbon reduction effects[J]. Journal of Beijing Institute of Technology(Social Science Edition), 2025, 27(1): 75-87. (in Chinese).

(责任编辑:朴红梅)