

数字技术赋能生态农业高质量发展的内在机理与实践路径

吴恒玉, 王 辉, 齐慧琳, 邵慧敏

大连海洋大学经济管理学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2026年7月17日; 录用日期: 2026年8月19日; 发布日期: 2026年8月27日

摘 要

在全球对可持续发展和生态环境保护重视程度日益提升的背景下, 生态农业的发展需求不断增长, 同时数字技术正广泛渗透至各领域。数字技术赋能生态农业高质量发展, 其内在机理在于实现信息精准获取与决策优化、资源高效利用与生态保护以及产业链整合与价值提升。在实践路径方面, 涵盖数字技术在生产、加工与销售环节的应用。这一过程面临数字技术应用成本高、农民数字素养不足以及数字基础设施建设滞后等挑战。针对这些挑战, 应采取降低应用成本、提升农民数字素养以及加强数字基础设施建设等策略。旨在丰富生态农业与数字技术融合理论, 推动生态农业高质量发展。

关键词

数字技术, 生态农业, 高质量发展, 内在机理, 实践路径

The Internal Mechanisms and Practical Pathways of Digital Technology Empowering the High-Quality Development of Ecological Agriculture

Hengyu Wu, Hui Wang, Huilin Qi, Huimin Shao

School of Economics and Management, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

Received: July 17, 2026; accepted: August 19, 2026; published: August 27, 2026

Abstract

Against the backdrop of increasing global emphasis on sustainable development and ecological

文章引用: 吴恒玉, 王辉, 齐慧琳, 邵慧敏. 数字技术赋能生态农业高质量发展的内在机理与实践路径[J]. 世界生态学, 2026, 15(3): 541-546. DOI: 10.12677/ije.2026.153059

protection, the demand for ecological agriculture continues to grow, with digital technologies becoming increasingly integrated across various sectors. The internal mechanisms through which digital technology empowers the high-quality development of ecological agriculture lie in achieving precise information acquisition and decision optimization, promoting the efficient utilization of resources and ecological conservation, and facilitating industrial chain integration and value enhancement. In terms of practical pathways, this empowerment spans the application of digital technologies in production, processing, and marketing. However, this process faces challenges such as high application costs, insufficient digital literacy among farmers, and lagging digital infrastructure. To address these issues, strategies should be implemented to reduce application costs, enhance farmers' digital literacy, and strengthen digital infrastructure. This study aims to enrich the theoretical framework for the integration of ecological agriculture and digital technologies, thereby promoting the high-quality development of ecological agriculture.

Keywords

Digital Technology, Ecological Agriculture, High-Quality Development, Internal Mechanisms, Practical Pathways

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

随着全球对可持续发展和生态环境保护的重视程度不断提升,生态农业作为实现农业绿色转型的重要途径,其发展需求日益增长。在全球范围内,气候变化、资源短缺和环境污染等问题对传统农业模式提出了严峻挑战,促使各国积极探索更加高效、环保的农业生产方式。与此同时,数字技术的迅猛发展为生态农业的转型升级提供了新的契机[1]。大数据、物联网、人工智能等数字技术正逐步渗透到农业生产的各个环节,从种植养殖到加工销售,均展现出显著的赋能效应。在我国,数字技术已被广泛应用于农业现代化实践中,并成为推动农业高质量发展的核心驱动力之一[2]。在此背景下,研究数字技术如何赋能生态农业高质量发展,具有重要的理论价值的同时为实践提供重要指导。

1.2. 研究意义与目标

本研究旨在丰富生态农业与数字技术融合的相关理论体系。尽管已有部分文献探讨了数字技术在农业领域的应用,但针对生态农业这一特定领域的系统性研究仍显不足[3]。通过深入分析数字技术赋能生态农业高质量发展的内在机理,本研究期望能为现有理论框架提供有益的补充,并为后续研究提供新的视角。

本研究的目标在于,从信息精准获取、资源高效利用和产业链整合等维度解析数字技术赋能生态农业高质量发展的内在逻辑,并在此基础上提出切实可行的实践路径,助力生态农业发展。

2. 文献综述

2.1. 生态农业相关理论

生态农业是一种以生态环境保护为基础,通过优化资源配置和提升生产效率来实现农业可持续发展

的新型农业模式。其核心理念在于将农业生产与自然生态系统相结合,强调在满足人类粮食需求的同时,最大限度地减少对环境的负面影响。生态农业的主要特点是系统性、循环性和高效性,即通过构建多层次、多物种的农业生态系统,实现资源的高效利用和废弃物的最小化排放[4]。

2.2. 数字技术发展及应用现状

随着信息技术的发展,数字技术已逐步渗透到农业领域的各个环节,并实现应用。大数据技术通过对农业数据的采集、分析和挖掘,为农业生产提供科学决策支持。例如,在作物生长监测中,大数据可融合气象预报与土壤历史数据,预测区域产量并据此优化播种时间和品种搭配方案[5]。人工智能技术在农业中的应用也日益广泛,包括病虫害识别、无人机巡田以及智能化养殖管理等。特别是在智能化养殖领域,人工智能可以通过分析动物行为数据,提前预警疾病风险并优化饲料投喂策略。此外,区块链技术因其透明性和不可篡改性,在农产品质量追溯体系中发挥了重要作用,有效提升了消费者对农产品安全的信任度[6]。数字技术广泛应用于农业领域在提高生产效率和资源利用率的同时为农业高质量发展注入了新动能。

2.3. 数字技术与生态农业融合研究

近年来,学者们从不同角度探讨了数字技术在生态农业中的应用及其影响。现有研究表明,数字技术能够通过信息精准获取和资源高效利用,显著提升生态农业的生产效率和环境友好性[7]。例如,物联网的智能灌溉系统可以根据墒情实时调整灌溉量,达到减少水资源浪费并提高作物产量的效果。并且数字技术还被用于整合生态农业产业链,通过电商平台和直播带货等数字营销模式,拓展农产品销售渠道并提升品牌价值[8]。此外,关于数字技术如何具体赋能生态农业高质量发展的内在机理研究较为薄弱,尤其是对农民数字素养和农村基础设施建设的关注不足。目前大多数文献多停留在理论层面,缺乏基于实际案例的深入分析。通过揭示数字技术赋能生态农业高质量发展的内在机理,探索切实可行的实践路径,以期对相关研究提供新的视角[9]。

3. 数字技术赋能生态农业高质量发展的内在机理

3.1. 信息精准获取与决策优化

数字技术突破了传统农业信息获取的局限,为生态农业提供了精准的数据支撑,显著提升了决策的科学性。传统的信息获取依赖人工经验和抽样调查,效率偏低且易受主观因素干扰。物联网、大数据和人工智能的应用,使土壤、气候、作物长势等多维数据得以实时采集与分析。智能传感器可监测墒情、温度和养分变化,无人机能高效巡查农田并识别病虫害早期迹象。生产者据此及时掌握关键信息,结合历史数据预判趋势,制定更合理的种植管理方案。决策支持系统还可整合多源异构数据,通过机器学习生成优化策略,帮助应对复杂生产环境,最终实现效率与资源利用率的双重提升。

从理论层面看,这一赋能过程本质上是农业全流程的数据化改造,降低了信息不对称,提高了管理精度,契合精准农业理念,也推动生产从经验驱动转向数据驱动。实践层面,大型生态农业园区中物联网智能监控系统的应用,已在增产和节本方面取得明显成效。可见,数字技术在信息获取与决策优化中的赋能作用,既是生态农业高质量发展的内在机理,也是农业现代化转型的重要动力。

3.2. 资源高效利用与生态保护

数字技术支撑生态农业实现资源高效利用与生态保护,其内在机理集中体现在精准投入和智能化管理两方面。实时监测与数据分析使生产者能精确控制水、肥、药等投入量,避免过量使用。智能灌溉系

统依据墒情和气象条件自动调节水量，变量施肥技术按土壤养分分布按需供给，无人机结合高清影像与AI算法实现病虫害精准定位和靶向施药，大幅减少化学农药用量。数字技术整合农业生产各环节数据，构建覆盖全流程的智能管理体系。生产者可实时监控资源消耗，通过数据分析优化配置方案，最大化利用效率。部分示范区采用区块链记录投入品流向，增强透明度并为生态评估提供依据。智能化回收系统还可将秸秆、粪便等废弃物转化为能源或有机肥，形成闭环生态模式。这类应用有助于缓解资源短缺和环境污染，并为应对气候变化、降低农业温室气体排放提供支撑，与碳中和目标相呼应。

3.3. 产业链整合与价值提升

数字技术通过整合生态农业产业链各环节，提升了协同效率和市场响应能力，为农产品附加值增长提供了支撑。传统模式下，产业链割裂导致信息不畅、资源配置低效。大数据平台化管理系统可贯通生产、加工、流通和销售信息，实现全链数据互联，增强主体间协作和对市场变化的反应速度。同时电商平台、直播带货等数字化营销手段，为生态农产品打开了更广阔的市场空间，弥补了传统渠道品牌弱、覆盖面窄的短板。企业借助短视频、直播展示生产过程，增强消费者信任和品牌竞争力。数字技术还推动了产业结构优化，使生态农业从单一生产型向集生产、加工、旅游、文化等多元功能于一体的复合型产业转变，提升了综合效益，也为乡村振兴提供了有力支撑。

4. 数字技术赋能生态农业高质量发展的实践路径

4.1. 数字技术在生产环节的应用

4.1.1. 智能传感器与精准种植

智能传感器通过对农田环境因子的持续监测和数据化处理，为精准种植提供科学决策依据。传感器实时采集土壤水分、温度、电导率及养分含量等参数，耦合气象数据后，可动态反映作物生长条件的变化。以氮、磷、钾等速效养分的连续监测为例，系统结合作物不同生育阶段的需肥特征，生成差异化水肥调控方案，实现灌溉与施肥的按需执行。相比传统管理模式，该技术显著减少了水肥冗余投入，减轻了农业面源污染风险。田间试验表明，智能传感器的应用可使主要作物稳步增产，同时节水节肥兼顾经济效益与生态效益。

4.1.2. 无人机与智能化养殖

无人机与智能养殖装备的集成应用，提升了生态农业生产的精细化水平。在种植领域，无人机搭载多光谱、热红外或高分辨率传感器，对大田实施周期性巡航监测，通过分析作物冠层光谱反射率，反演叶面积指数、叶绿素含量等生理参数，精准识别病虫害或水分胁迫区域，生成变量施药处方图，实现定点干预，降低化学农药总用量。在养殖领域，佩戴于个体的电子标签与生物传感器持续记录采食行为、活动量、体温等指标，经物联网上传至管理平台后，通过算法识别疫病异常并动态调整饲喂方案；环境控制系统依据舍内温湿度和有害气体浓度的实时反馈，自动优化通风、降温与供暖操作。上述技术协同部署，有效提高了劳动生产率和资源转化效率，降低了废弃物排放强度。

4.2. 数字技术在加工环节的应用

农产品加工环节的数字化体现为自动化控制与质量追溯的双重路径。自动化方面，部署于产线的传感器和可编程逻辑控制器在线采集温度、压力、pH值等关键参数并进行闭环调节，确保加工条件稳定可控，减少人工操作引起的批次差异，提升产品一致性。质量追溯方面，区块链技术构建的去中心化、不可篡改的记录体系，将产地环境、采收时间、加工操作及物流信息锚定上链，消费者扫码即可获取完整的来源信息，以此增强食品安全信任度。

4.3. 数字技术在销售环节的应用

数字营销手段拓宽生态农产品的流通渠道与价值空间。电商平台突破传统销售的地域限制,以较低的信息成本对接广泛消费群体,缓解优质产品“有品质无销路”的问题。直播带货通过实时视频还原产地生态与生产场景,缩短产销两端的信息距离,降低消费者决策的不确定性。大数据分析则基于用户行为数据进行精准画像,支撑个性化推荐与差异化定价,提升库存周转率和客户留存水平。上述数字化渠道与数据驱动策略相互配合,扩大了市场覆盖范围,增强了品牌溢价能力,推动生态农业由生产导向向市场导向转型。

5. 数字技术赋能生态农业高质量发展面临的挑战

5.1. 技术应用成本问题

数字技术在生态农业中的规模化部署,有赖于高性能硬件与复杂软件系统的配套支撑,其购置、运维及更新成本较高,对经营主体构成显著的经济负担。智能传感器、无人机、物联网终端等核心设备的初始投入较大,对小规模农户而言尤显沉重。后期维护同样面临困境,农村地区专业技术服务力量薄弱,设备故障常需借助外部支持,推高了维修支出。加之数字技术迭代速度较快,经营主体需持续跟进升级,既抬高了长期运营成本,也导致部分设备因兼容性不足而被提前淘汰,造成资源浪费。

5.2. 农民数字素养问题

农民作为生态农业生产的直接执行者,其数字认知与操作水平深刻影响技术推广的实际效果。当前,我国农民群体数字素养整体偏低,对数字技术的理解多停留在基础通讯和互联网应用层面,对其在精准监测、智能决策等方面的深层价值缺乏系统认知。与此同时,面对智能设备调试、软件操作和数据分析等技术要求较高的环节,多数农户操作能力明显不足,难以独立完成设备部署与日常维护。这种认知局限与技能短板相互叠加,延缓了数字技术在生态农业中的深度渗透与有效转化。

5.3. 数字基础设施建设问题

农村数字基础设施薄弱主要体现在农村网络覆盖不均衡。部分偏远地区仍存在信号盲区,难以支撑物联网设备和实时数据传输的正常运行。带宽不足导致数据传输速率偏低且稳定性欠佳,对于智能灌溉、远程环境调控等对时效性要求较高的应用场景而言,延迟或中断可能直接影响作业精度,甚至造成生产损失。此外,电力供应波动、通信基站配套不足等基础条件短板,进一步放大了基础设施的制约效应。加强网络覆盖质量与数据传输能力,已成为推动数字技术赋能生态农业的基本前提。

6. 应对数字技术赋能生态农业高质量发展挑战的策略

针对数字技术赋能生态农业面临的成本高昂、农民数字素养不足及基础设施滞后等现实瓶颈,亟需从以下三方面系统施策。

6.1. 降低应用成本

技术成本高企是制约小农户参与数字转型的首要障碍。一套完整的农业物联网系统售价远超普通农户承受能力,且后续运维费用进一步加重了经济负担。应对之策在于:一是推行“设备即服务”(DaaS)模式,将硬件购置转化为按需付费的持续性运营支出,降低初始投入门槛;二是推广模块化与开源方案,允许农户按需组合,并利用开源平台降低软件获取成本;三是建立区域性共享服务中心,由村集体或合作社集中采购大型设备,为周边小农户提供有偿共享服务,通过规模化运营有效摊薄个体使用成本。

6.2. 提升农民数字素养

农民数字素养直接决定技术采纳效果。多数农户在设备调试、软件操作与数据分析等环节能力明显不足,认知局限与技能短板制约技术的有效转化。提升路径宜从三方面展开:一是开展“田间学校”与“师徒制”实践教学,将培训融入真实生产场景,并针对不同群体的素养基础制定差异化方案;二是开发界面简洁、支持语音交互的“适农化”应用,借助数字平台扩大培训覆盖面;三是建立示范户激励机制,以先行者的实际成效带动周边农户跟进,从而有效缩小数字技能鸿沟。

6.3. 加强数字基础设施建设

网络覆盖不均与电力供应不稳仍是主要瓶颈。尽管行政村网络普及率较高,但偏远地区信号盲区与带宽不足问题依然突出。应从以下方面着力:一是持续推进信号补盲工程,在传统基站难以覆盖的区域探索低轨卫星互联网等新型技术方案[10];二是推广太阳能离网供电系统,为分散部署的传感设备提供稳定电力保障;三是建设区域性农业大数据中心,整合气象、土壤、市场等多源数据,形成统一服务平台,打破“数据孤岛”。基础设施的完善是数字技术赋能的基本前提,需坚持长期投入与多方协作。

7. 总结

数字技术为生态农业的高质量发展提供了强大的内生动力和全新的实践路径。本文从内在机理、实践路径、现实挑战与应对策略四个维度,系统剖析了数字技术赋能生态农业高质量发展的逻辑框架。研究认为,数字技术通过信息精准获取与决策优化、资源高效利用与生态保护、产业链整合与价值提升三重机制,深度重塑了生态农业的生产方式;在生产、加工与销售全链条的数字化应用中,显著提升了资源效率与市场竞争力。然而,技术成本高企、农民数字素养不足及基础设施滞后仍是制约赋能效果的主要瓶颈,亟需通过模式创新、能力建设与设施升级协同破解。总体而言,数字技术与生态农业的深度融合是一项涉及技术、主体与制度的系统性工程,未来需强化多元主体协同,构建成本可负担、技术可及、设施完备的发展生态,有效驱动农业绿色转型与乡村可持续发展。

参考文献

- [1] 胡霜,王火根,肖丽香. 数字技术赋能农业绿色发展:内在机制与典型实践[J]. 中国工程科学, 2024, 26(2): 150-159.
- [2] 唐文浩. 数字技术驱动农业农村高质量发展:理论阐释与实践路径[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2022, 22(2): 1-9.
- [3] 富新梅. 数字技术赋能农业农村高质量发展研究[J]. 西南金融, 2023(7): 81-93.
- [4] 刘晓燕,赵楷. 数字经济对乡村振兴高质量发展推动作用研究[J]. 农业经济, 2023(1): 42-44.
- [5] 侯明利,郝新哲. 数字技术如何推动农业高质量发展——基于要素流动的中介效应与产业结构转型的调节效应[J]. 河南师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 50(6): 21-28.
- [6] 薛德志. 数字技术赋能农业农村高质量发展的逻辑理路及实践进路[J]. 农业经济, 2023(9): 28-30.
- [7] 牛立亭. 数字技术赋能农业高质量发展[J]. 中国农资, 2022(22): 13.
- [8] 王丹,龚晓莺. 数字技术助推绿色高质量发展——理论阐释与实践路径[J]. 技术经济与管理研究, 2024(7): 14-17.
- [9] 王薇,王欣彤,戴姣. 农业高质量发展:迈向数字化转型——基于阳西县数字农业的考察研究[J]. 西南金融, 2023(5): 59-69.
- [10] 科创中国. 千帆星座首批面向智慧农业的商业示范应用落地[EB/OL]. <https://www.kczg.org.cn/article/detail?id=6333478>, 2025-01-10.