

引用格式:

张小允, 许世卫, 王晓伟. 数字经济背景下提高中国农产品质量安全保障水平探究 [J]. 农业现代化研究, 2025, 46(2): 205-214.
ZHANG X Y, XU S W, WANG X W. Strategies to enhance the quality and safety assurance of Chinese agricultural products in the digital economy[J]. Research of Agricultural Modernization, 2025, 46(2): 205-214.
DOI: 10.13872/j.1000-0275.2024.2007
CSTR: 32240.14.1000.0275.2024.2007



数字经济背景下提高中国农产品质量安全保障水平探究

张小允^{1,3}, 许世卫^{2,3*}, 王晓伟⁴

(1. 山西农业大学农业经济管理学院, 山西 晋中 030801; 2. 中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081; 3. 农业农村部农业监测预警技术重点实验室, 北京 100081; 4. 新疆农业科学院农业经济与科技信息研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要: 数字经济的快速发展为农产品质量安全保障带来了新的机遇与挑战。在中国农产品质量安全总体水平稳步提升的同时, 不同品类和区域之间的质量差异依然显著, 传统监管模式在现代农业复杂环境下逐渐暴露出不足。本文基于数字经济理论框架, 系统分析了数字技术在农产品生产、加工、流通及消费环节中的应用现状, 指出了当前存在的技术应用不足、信息不对称、市场监管难题及跨部门协作困难等主要问题。研究发现, 物联网、大数据、区块链等数字技术在提升质量安全保障效率和透明度方面具有显著潜力, 尤其是在环境监测、投入品追溯、冷链物流管理和品牌建设等领域已取得初步成效。为进一步发挥数字技术在质量安全中的作用, 本文从生产、加工、流通、消费和全程监管等角度提出了数字技术赋能农产品质量安全保障的具体实施路径, 以推动农产品质量安全保障体系的全面数字化转型, 为农业现代化发展和乡村振兴提供有力支撑。

关键词: 数字经济; 农产品质量安全; 物联网; 区块链; 政策建议

中图分类号: F323

文献标识码: A

文章编号: 1000-0275 (2025) 02-0205-10

Strategies to enhance the quality and safety assurance of Chinese agricultural products in the digital economy

ZHANG Xiaoyun^{1,3}, XU Shiwei^{2,3}, WANG Xiaowei⁴

(1. College of Agricultural Economics and Management, Shanxi Agricultural University, Jinzhong, Shanxi 030801, China; 2. Agricultural Information Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Key Laboratory of Agricultural Monitoring and Early Warning Technology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; 4. Institute of Agricultural Economics, Science and Technology Information, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

Abstract: The rapid development of the digital economy brings both opportunities and challenges for ensuring agricultural product quality and safety. While the overall quality of Chinese agricultural products has steadily improved, significant disparities remain across categories and regions, exposing the limitations of traditional regulatory models in addressing the complexities of modern agriculture. Grounded in the theoretical framework of the digital economy, this study systematically examines the application of digital technologies in the production, processing, distribution, and consumption stages of agricultural products. It identifies key challenges, including insufficient adoption of digital technologies, information asymmetry, difficulties in market supervision, and obstacles to cross-departmental coordination. The findings reveal that digital technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, and blockchain offer significant potential for enhancing efficiency and transparency in quality assurance. These technologies have demonstrated initial successes in areas such as environmental monitoring, input traceability, cold chain logistics management, and brand development. To further unlock the potential of digital tools, this study proposes specific implementation pathways for their application in production, processing, distribution, consumption, and integrated supply chain monitoring. By advocating for policy optimization, legal frameworks, technical training, and the establishment of multi-stakeholder collaboration mechanisms, this research aims to facilitate a comprehensive digital transformation of the quality assurance system. This transformation will not only strengthen agricultural modernization but also provide robust support for rural revitalization and national food security.

收稿日期 Received: 2024-11-21; 接受日期 Accepted: 2025-01-02

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFD1600603); 山西省博士来晋科研奖励项目 (SXBYKY2024094); 农业农村部农业监测预警技术重点实验室开放课题 (2023KLAMEWT02)。Supported by the National Key Research and Development Program of China (2022YFD1600603); Research Incentive Program for Incoming PhD Scholars of Shanxi Province (SXBYKY2024094); Open Research Fund of Key Laboratory of Agricultural Monitoring and Early Warning Technology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs (2023KLAMEWT02).

* 通信作者 Corresponding author (xushiwei@caas.cn)

Keywords : digital economy; agricultural product quality and safety; internet of things; blockchain; policy recommendations

随着信息技术的迅猛发展,数字经济已成为全球经济增长的重要引擎之一^[1]。数字经济是指以数字化知识和信息为关键生产要素,通过互联网、物联网、大数据、人工智能等数字技术创新实现的经济形态^[2]。数字经济不仅推动了各行各业的创新与发展,更深刻地改变了传统农业的生产方式与管理模式。在农业领域,数字经济的应用前景广阔,从精准农业到智能化农业生产,再到供应链管理与消费者服务,数字经济的发展与普及正在重塑农业生态系统^[3]。然而,尽管数字经济在农业中展现出巨大潜力,提升农产品质量安全保障水平的道路仍面临诸多挑战。在我国,尽管近年来农产品质量抽检合格率持续上升,但每年仍有约 3% 的农产品因不符合质量标准而被召回或销毁。这些数据清晰地揭示出,在数字经济时代,如何有效利用数字技术进一步提升农产品质量安全保障水平,已成为一个亟待解决的问题。

农产品质量安全问题在中国长期以来备受关注。随着农业现代化进程的快速推进,尽管生产效率与产出大幅提高,但同时也为农产品质量安全保障带来了新的挑战。在这一进程中,农业生产方式的多样化、供应链的全球化以及市场需求的快速变化,共同加剧了质量安全风险的复杂性与不确定性。数据表明,尽管农产品质量安全总体合格率有所提高,但不同品类之间、不同地区之间仍存在明显差距,质量安全事件时有发生,凸显了农产品质量安全保障体系的不均衡与不完善^[4]。更为关键的是,现有的监管体系和管理方式往往难以应对复杂的现代农业环境。一方面,监管效率低,信息不对称问题严重,传统的质量安全管理模式难以适应新兴的市场需求;另一方面,跨地区、跨部门的监管协作面临协调难度大、数据共享不畅等障碍,进一步削弱了监管效能^[5]。这些问题的根源在于,传统监管手段主要依赖人工检查与抽样检验,既费时费力又难以全面、实时地覆盖,尤其是随着农产品供应链的全球化与复杂化,这种监管方式的局限性愈发明显^[6]。

在此背景下,数字经济作为一种新兴力量,在有效提升农产品质量安全保障水平方面展现出了极大的潜力。数字经济理论以数据为核心生产要素,强调信息技术在资源配置中的关键作用,与传统经济理论以资本、劳动为主导的生产要素差异显著。通过网络效应、平台经济和共享机制的深入探讨,

数字经济理论为分析农产品质量安全问题提供了全新的视角和方法。国内外研究表明,数字经济在农产品质量安全领域已开展广泛应用。钟颖琦和黄祖辉^[7]指出,通过物联网、大数据、区块链等先进数字技术,可以实现农产品从生产到消费的全程数字化监控与追溯,大大提高监管效率和透明度,减少信息不对称,增强消费者信任。Rao 等^[8]通过区块链知识实验,探讨了中国六大城市消费者对茶叶追溯和认证的估值,揭示了数字经济在提升消费者信任方面的作用。周洁红等^[9]基于机器学习方法,对生鲜水产品的食品安全风险进行了预测,为农产品监管政策提供了启示,显示了数字经济在风险预测和监管中的应用潜力。王彦炯等^[10]以浙江“网上农博”为例,研究了数字化平台在推动共同富裕中的作用,强调了数字经济在农产品品牌建设和市场推广中的重要性。这些研究表明,以先进数字技术为核心的数字经济在农产品质量安全保障方面展现出了广阔的应用前景。

数字经济的快速发展为农产品质量安全保障带来了新的机遇,但现有研究在一些关键领域仍显不足。一方面,关于数字技术在质量安全全链条中的作用缺乏系统性探讨,特别是在物联网、大数据和区块链等领域的实践应用研究尚显不足;另一方面,对信息不对称、市场监管困境和跨部门协作障碍等问题的分析,尚未充分结合政策可操作性与实践指导性。基于此,本文以提升中国农产品质量安全保障水平为核心,探讨数字经济赋能的创新路径。具体而言,本文对农产品质量安全发展的现状进行回顾,深入剖析信息不对称、市场监管难题和跨部门协作障碍等主要挑战,并基于物联网、大数据、区块链等数字技术提出了创新性的解决方案。通过理论与实践的结合,本文探索了政策优化、全链条监管和市场数字化的可行路径。本文的边际贡献包括:第一,从数字经济视角揭示数字技术在提升农产品质量安全保障水平中的关键作用,深化农业数字化研究;第二,构建数字技术赋能的应用路径,为数字农业发展与乡村振兴提供理论支撑与实践参考。

1 中国农产品质量安全发展概况

1.1 农产品质量安全水平总体稳健上升,品种间差异显著

农产品质量安全例行监测合格率是反映我国农产品质量安全水平的重要指标^[11]。总体来看,我

国农产品质量安全例行监测合格率呈现出稳步提升的态势（图1）。自2015年以来，农产品质量安全例行监测合格率连续七年保持在97%以上的高位水平，这充分反映了我国在农产品质量安全监管方面取得的显著成效。然而，尽管整体趋势向好，但2%~3%的不合格部分犹如潜藏在农产品质量安全防线中的“暗礁”，需要持续关注与攻克。

从不同品类农产品的质量安全水平来看，各品种差异显著，呈现出不同的特点。蔬菜作为日常消费中的大类，其农药残留超标问题已得到显著改善，监测合格率逐年攀升并稳定在97%以上的高水平。相比之下，水果的监测合格率波动较大，但近年来总体呈现回升态势。茶叶由于农药残留限量标准存在差异，以及种植过程中农药使用和采摘标准执行不严格等原因，监测合格率波动尤为剧烈，仍有较大的提升空间^[12]。畜禽产品的监测合格率虽然整体保持在高位，但呈现稳中有降的趋势；水产品则表现出总体波动上升的趋势，但整体水平相对略低。

1.2 农产品质量安全标准体系逐步完善，不同认证体系成效显著

长期以来，我国高度重视食品安全问题，尤

其是食品中农药残留这一关键环节。自GB 2763—2005标准发布以来，我国在农药残留标准的制修订工作上取得了显著进展（表1）。数据显示，限量农药种类逐年增长，从2005年的201种增加至最新标准中的584种。这一增长不仅体现了我国在农药残留管理方面的严格要求不断提升，也反映了对农药使用安全性的高度重视。与此同时，覆盖农产品的种类与数量以及残留限量标准的数量也显著增加，从最初的7个大类农产品、86种农产品、873项残留限量标准，扩展至涵盖13个大类农产品、376种农产品以及超过10 000项残留限量标准。这些变化显著提高了我国农产品质量安全的保障水平。深入分析发现，每次标准的制修订都积极响应了农产品质量安全的新要求。例如，随着农业科技的进步和生产方式的变革，新型农药的不断涌现使得农药残留标准需要及时更新，以确保其科学性和有效性。同时，国内外农产品贸易的频繁往来也推动了我国不断提高农药残留标准，以适应国际市场的准入要求。

绿色食品认证制度的推行和持续发展，显著强化了农产品质量安全标准化体系建设，在提升整

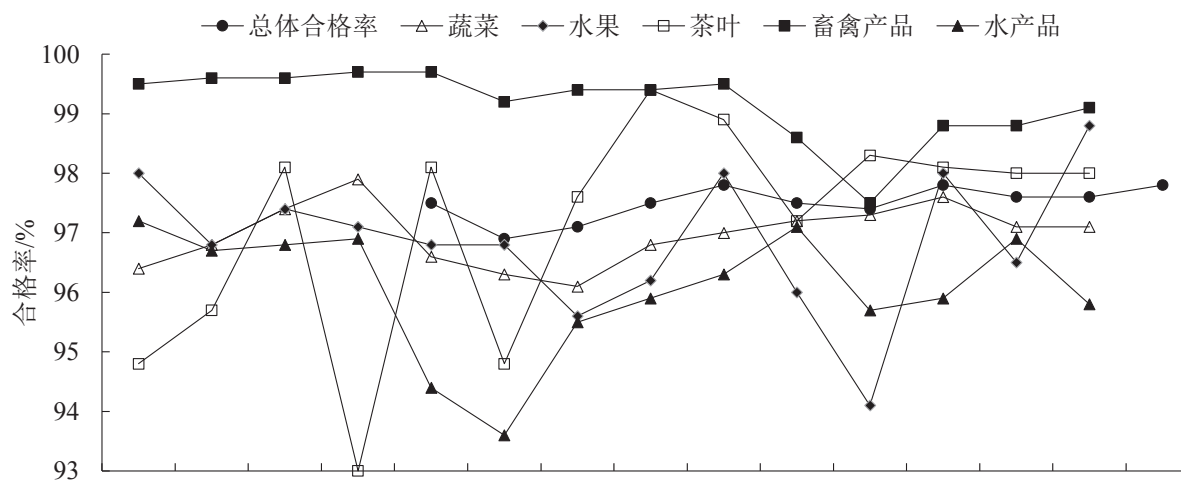


图1 2009—2023年中国农产品质量安全例行监测合格率

Fig. 1 Routine monitoring pass rate of agricultural product quality and safety in China from 2009 to 2023

注：数据来源于农业农村部（原农业部）国家农产品质量安全例行监测信息（2009—2012年末公布总体合格率，2023年末公布分品种合格率）。

表1 《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》基本情况对比

Table 1 Comparison of basic information on “national food safety standards: maximum residue limits for pesticides in food”

指标	年份							
	2005	2012	2014	2016	2018	2019	2021	2022
限量农药种类 / 种	201	322	387	433	476	483	564	584
覆盖农产品类别 / 大类	7	10	12	13	13	13	13	13
覆盖农产品数量 / 种	86	240	284	287	334	356	376	376
残留限量标准数量 / 项	873	2 293	3 650	4 140	7 107	7 107	10 092	10 293

注：数据来源于GB 2763—2005、GB 2763—2012、GB 2763—2014、GB 2763—2016、GB 2763—2018、GB 2763—2019、GB 2763—2021、GB 2763.1—2022。

体质量安全水平方面发挥了重要作用^[13]。2014 年至 2023 年间,绿色食品企业总数从 8 700 家增长至 30 047 家,产品总数从 21 153 个增加至 63 653 个,几乎实现了三倍增长(表 2)。这表明,绿色食品标准化体系的完善为企业提供了清晰的生产规范和市场准入标准,推动了产业的扩张和产品的多样化。然而,年销售额的增长并未与企业及产品数量的增长保持同步。2014 至 2020 年间,年销售额增速放缓,甚至出现波动。到 2023 年,仅达到 5 857 亿元。这表明,虽然绿色食品数量增加,但市场需求增长有限,价格竞争或市场信任问题可能对销售额产生了影响。此外,绿色食品出口额从 2014 年的 24.8 亿美元波动至 2023 年的 31.6 亿美元,期间经历了多次较大起伏。2019 年出口额达到峰值,但 2020 年显著回落后又逐渐回升。这反映出国际市场对中国绿色食品质量要求的适配问题,以及全球市场竞争的压力。

有机农产品认证体系的持续发展对农产品质量安全标准化体系的强化及整体质量水平的提升同样起到了重要作用(表 3)。2014 年至 2023 年,有机农产品企业数量从 814 家增长至 1 359 家,产品数量从 3 342 个增至 4 822 个,整体呈现稳定增长趋势。尽管增速低于绿色食品,但由于有机农产品质量认证难度和成本较高,其增长更为稳健且具有可持续性。同时,有机农产品的国内认证面积从 2014 年的 208.5 万 hm^2 扩大至 2023 年的 2 039.0 万 hm^2 ,产量稳步提升至 519.5 万 t。这表明国家对有机农业生产的大力支持和标准化生产模式的日益成熟。

在生态文明建设的背景下,生态农产品正成为农业领域的亮点。作为无公害农产品、绿色农产品和有机农产品的进一步发展,生态农产品不仅体

现了对食品安全的高标准,还蕴含了对生态环境的深切关怀。生态农产品强调在保护和改善农业生态环境的前提下,遵循生态学 and 生态经济学规律,利用现代科学技术进行集约化经营,生产出无害、营养和健康的农产品。截至 2023 年底,全国生态农产品认证企业数量超过 3 000 家,认证产品种类超 500 种,认证面积达 200 万 hm^2 ,年销售额接近 500 亿元。

尽管生态农产品市场潜力巨大,但仍面临挑战。一方面,较高的生产成本和复杂的认证流程让部分农户和企业望而却步;另一方面,消费者对生态农产品的认知度不足,影响了其市场接受度。此外,部分生态农产品存在“重认证、轻管理”的问题,品质参差不齐,对行业声誉造成了不利影响。因此,加强生态农产品的质量管理,提升市场认知度和消费者信任,仍是未来发展的关键方向。

1.3 农产品质量安全体系初具规模,政策法规逐步细化但执行差异显著

近年来,中国在农产品质量安全领域制定并实施了多项政策和法规,初步构建了覆盖全国的监测体系,为保障农产品质量安全奠定了坚实的制度基础。从政策层面看,中国已出台了诸多与农产品质量安全相关的政策。例如,《“十四五”全国农产品质量安全提升规划》和《2020 年农产品质量安全专项整治“利剑”行动方案》等政策文件,致力于从源头控制农业生产风险,推广绿色生产方式和标准化生产技术。地方政府也相应推出了补贴和奖励措施,鼓励使用无害化生产材料和先进检测技术。这些政策在提高农产品合格率和推动优质品牌化发展方面发挥了积极作用。然而,政策执行的实际效果

表 2 2014—2023 年全国绿色食品发展总体情况

Table 2 Overview of the overall development of green food in China from 2014 to 2023

指标	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
企业总数/家	8 700	9 579	10 116	10 895	13 203	15 984	19 321	23 493	25 928	30 047
产品总数/个	21 153	23 386	24 027	25 746	30 932	36 345	42 739	51 071	55 482	63 653
年销售额/亿元	5 481	4 383	3 866	4 034	4 557	4 657	5 076	5 219	5 398	5 857
出口额/亿美元	24.8	22.8	25.1	25.5	32.1	41.3	36.8	29.1	31.4	31.6
产地环境监测面积/万 hm^2	2 267	1 733	1 327	1 013	1 047	1 387	1 040	987	1 040	1 047

注:数据来源于 2014—2023 年《绿色食品统计年报》。

表 3 2014—2023 年全国有机农产品发展总体情况

Table 3 Overview of the overall development of organic agricultural products in China from 2014 to 2023

指标	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
企业数/家	814	883	951	1 059	1 114	1 184	1 228	1 267	1 318	1 359
产品数/个	3 342	4 069	3 844	4 006	4 310	4 381	4 466	4 584	4 772	4 822
国内认证面积/万 hm^2	208.5	361.1	206.0	349.5	350.8	571.3	391.4	546.5	579.5	2 039.0
产量/万 t	277.3	642.8	452.0	473.9	401.0	480.4	521.0	477.3	482.1	519.5

注:数据来源于 2014—2023 年《有机食品统计年报》。

在各地存在显著差异。例如，部分地区因地方经济利益考量，监管执行力度不足，难以实现全国范围内的质量保障一致性。

在法律方面，中国已建立了较为完善的农产品质量安全法规体系，包括《中华人民共和国农产品质量安全法》《中华人民共和国食品安全法》和《中华人民共和国进出口食品安全管理办法》等。这些法规覆盖了农产品生产、流通及进出口等主要环节，对农药残留、重金属限量和污染控制提出了明确要求，有效填补了法律体系中的诸多空白。例如，《中华人民共和国农产品质量安全法》明确了生产企业的溯源和质量检测责任，并设立了不合格产品的法律追责机制。然而，随着新型农业生产技术和数字监管技术的快速发展，现行法律法规在覆盖其具体应用方面仍显不足。例如，区块链溯源和物联网监测等新兴技术在农业中的应用尚未得到明确的法律支持，部分企业因此在技术推广中面临法律风险，从而限制了创新技术的普及^[14]。

在监测体系方面，中国逐步形成了“政府监管为主、企业自检为辅、社会第三方检测参与”的综合模式^[15]。政府主导的监测体系对农产品质量安全监管起到核心作用，每年全国范围内的大规模抽样检测覆盖主要农产品种类和关键地区。数据显示，2023年，全国主要农产品总体合格率达到97.6%，显示出政府在监测体系建设上的积极成效。同时，大型企业也通过建立完善的自检体系，在快速发现并解决质量问题方面发挥了重要作用。然而，当前的监测体系仍面临一些制约因素。例如，部分地区的基础设施薄弱、检测设备落后，难以精准识别复杂污染物^[16]。此外，虽然第三方检测机构在部分地区已提供了有效补充，但在统一监管标准、资质认证及数据共享方面仍存在制度障碍，这影响了检测数据的可靠性和公信力。

1.4 数字技术广泛渗透质量安全管理，环节间应用成效各异

在数字经济的推动下，农产品质量安全管理正经历深刻转型。数字技术的渗透已逐步覆盖农产品生产、加工和流通的各个环节，为质量安全保障提供了新的途径和手段。同时，数字化监管的兴起与品牌建设的推动，正在重塑农业价值链^[17]。

1.4.1 数字技术在生产、加工和流通环节的应用 数字技术在农产品生产环节发挥了关键作用，物联网、大数据和遥感技术已广泛应用于农产品产地环境监测、农业投入品管理和产量预估等领域。例如，通过土壤传感器和空气质量监测设备，农户和监管机

构可以实时掌握土壤湿度、温度、养分等关键指标，从而提前预防潜在的环境污染和质量风险^[18]。2022年，农业农村部通过全国农情遥感监测系统实时监测主要作物的种植和生长状况，确保了生产环节的初始质量保障。在加工环节，基于自动化和智能化设备的应用，农产品初加工和深加工环节逐步引入质量控制系统和追溯机制。利用区块链技术，可以为农产品生成唯一的溯源编码，实现从原料到产品的全过程可追溯性，进一步防止掺假和滥用添加剂等问题^[19]。这种数字化手段不仅提高了加工环节的透明度和效率，也增强了消费者对产品的信任感。在流通环节，冷链物流管理逐渐转向数字化，尤其是在生鲜农产品的运输中，温湿度传感器和射频识别标签等技术可以实时监测物流状态，确保农产品在运输过程中的质量和安全^[20]。例如，J物流公司在全国部署的“智能冷链”利用温控管理系统，确保果蔬等易腐产品在运输中的新鲜度，为农产品质量安全流通提供了有力保障。

1.4.2 农产品质量安全监管的数字化转型 数字经济的快速发展为农产品质量安全监管带来了全新的技术手段，传统的事后抽查和人工检测逐渐被实时监控和大数据分析所替代。政府已逐步建立起以物联网、大数据和人工智能为支撑的数字化监管体系^[21]。2023年，农业农村部在多个省份试点实施“智慧农安”系统，通过大数据分析手段对农产品质量数据进行动态监测，从而实现快速预警和风险预测。该系统能够自动收集农产品的生长数据、采收数据和销售数据，形成农产品的“数字化身份证”，大幅提升监管效率。此外，数字化监管正在推动多方协作监管的形成。区块链技术的引入使得生产者、加工企业和监管部门能够在同一平台上对数据进行存证和共享，从而减少信息不对称，提升监管透明度^[22]。与传统的分段监管模式相比，数字化转型使得监管部门能够更加实时、动态地掌握质量信息，有助于建立更加可靠的农产品质量安全保障体系。

1.4.3 数字技术在质量安全中的实践成效：浙江与山东的案例分析 浙江省“数字农田”项目为农产品质量安全的数字化管理提供了典型实践。通过部署物联网传感器监测土壤湿度、空气温湿度和作物生长数据，该项目实现了精准灌溉与养分管理，显著改善了蔬菜的生长环境。同时，区块链技术的引入实现了从种植到销售的全程溯源，大幅提升了监管效率和产品透明度。数据显示，项目实施后，蔬菜农残合格率从95%提高至99%，出口额增长了15%。设备投入成本为1.20万元/hm²，但凭借产量

和质量的双重提升,农户年均增收 1.80 万元/hm²,回本周期不到一年。山东省苹果产业的“智慧果园”项目则展示了数字技术在果树生产与供应链管理中的综合应用潜力。通过无人机监测与 AI 算法对果树健康状态的精准诊断,并结合冷链物流温控系统,保障了苹果在采摘、储存和运输过程中的品质稳定性。结果显示,苹果腐损率从 8% 降至 3%,整体产量和质量稳定性提高了 20%,供应链交付周期缩短了 30%。初期投入成本为 1.50 万元/hm²,但依托品牌溢价和损耗降低,农户年均增收 2.25 万元/hm²,投资回报比达 1:1.5。上述两个案例表明,数字技术在农产品质量安全保障中展现了突出的成本效益和应用价值。浙江省的“数字农田”项目侧重于从源头保障产品质量,而山东省的“智慧果园”则更注重生产、加工与流通环节的综合管理。这两者均通过技术手段实现了显著的经济效益与质量提升,充分体现了数字经济对农业现代化的驱动力。

2 数字经济背景下农产品质量安全面临的挑战

2.1 技术挑战:数字监测能力不足,数据质量与精度问题

在数字经济背景下,数字监测技术已成为农产品质量安全保障的重要工具,但技术层面的挑战仍不容忽视。首先,尽管物联网传感器、无人机遥感、大数据采集等技术的应用正在逐渐普及,但它们在农产品质量监测方面的适用性和精度仍有待提升^[23]。许多数字监测设备在精确度和耐用性上难以满足大规模应用的需求,尤其是在农村地区,由于基础设施落后,监测设备的长期维护成本较高。其次,数据质量和精度问题限制了监测结果的可信度。农产品质量监测数据的采集通常涉及多个环节,而在不同技术平台之间进行数据交换时,数据传输的完整性和准确性常常受到影响。此外,不同来源的数据格式和标准不统一,导致数据整合和分析的难度增加,无法及时生成具有指导意义的高精度结果^[24]。

2.2 市场挑战:信息不对称与市场监管难题

数字经济的发展为农产品质量安全提供了技术支持,但市场层面的信息不对称和监管难题依然突出。信息不对称是农产品市场普遍存在的问题,消费者往往难以获得农产品从生产到流通的全链条信息,从而增加了购买决策的风险^[25]。尽管区块链溯源和电子标签等技术能够在一定程度上解决信息不对称问题,但由于推广难度大、应用成本高,这些技术在基层市场的应用仍然有限^[26]。此外,农产品

市场监管的复杂性增加了维护质量安全的难度。农产品在流通过程中涉及多个市场主体,包括生产商、批发商、零售商和消费者,任何一个环节的疏忽都会对产品质量产生负面影响。然而,现有的市场监管机制无法实现对每个流通节点的实时监控,容易导致不合格产品进入市场。

2.3 政策挑战:跨部门协作困难与现行政策不足

数字经济带来的跨部门数据共享和协作需求,对农产品质量安全的政策层面提出了新的挑战。农产品质量安全涉及农业、市场监管、卫生、交通等多个部门,但在实际操作中,各部门之间的数据共享与协作效率普遍较低,导致监管信息未能有效流通,影响了政策执行的有效性^[27]。同时,现行政策的滞后性使得数字化技术在质量安全保障中的应用缺乏政策支持^[28]。例如,数字追溯和区块链技术在部分地区应用较为成功,但这些技术的推广在政策层面缺乏有力支持,导致其在全国范围内难以普及。此外,由于地方政府在执行政策时根据本地经济利益进行调整,这在一定程度上削弱了政策的统一性和一致性。

2.4 全程监管挑战:跨区域协同不足与缺乏有效协同机制

全程监管对于确保农产品质量安全至关重要,但在跨区域监管协同方面的不足使这一目标难以实现。首先,农产品从生产到消费通常跨越多个省份,甚至国际流通,不同区域之间的监管力度和标准存在差异,容易造成质量安全漏洞^[29]。例如,一些地方对质量检测的标准较低,导致不合格产品在区域间流通,影响了整体市场的规范。其次,缺乏有效的协同监管机制,尤其在数字经济下,农产品质量安全的全程追溯和实时监控对信息联动的要求较高,但目前各地监管平台往往独立运作,数据无法实现无缝对接。这种监管割裂不仅限制了跨区域的信息整合,还增加了全程监管的技术和成本难度^[30]。

2.5 微观层面挑战:技术接受度、成本负担与消费认知差异

在数字经济背景下,农产品质量安全还面临来自微观层面的多重挑战。首先,从农户角度来看,农户对数字技术的接受与采纳程度参差不齐。尽管数字技术能够提升农产品质量安全保障水平,但由于受教育程度、技术培训不足等因素,许多农户对新技术的学习和应用存在困难,这影响了数字技术在农业生产中的普及和效果。其次,农业企业在引入数字技术时面临着巨大的经营成本压力。数字技术的应用需要前期大量投入,如智能设备购置和信

息系统建设等,这对于资金有限的中小型农业企业而言,无疑增加了经营负担。最后,从消费者角度来看,消费者对产品数字化水平的关注程度及溢价支付意愿存在差异。部分消费者虽然认可数字化农产品的安全性与质量,但对价格敏感,不愿为数字化农产品支付额外的溢价,这在一定程度上影响了数字化农产品的市场推广。

3 数字经济背景下提高农产品质量安全保障水平的路径选择

3.1 强化数字技术在生产环节的应用:环境监测与投入品追溯双管齐下

在农产品生产环节,数字技术的应用是提升质量安全的第一道防线。建立产地环境的数字监测与预警系统尤为关键。通过传感器网络、遥感技术和无人机监测,可实时采集土壤、空气、水源等生态数据,对环境中的潜在污染源进行精准监控。当风险指标超标时,系统能够及时发出预警,便于迅速采取干预措施和调整生产策略^[31]。这一监测体系不仅提升了农产品生产的安全性,也助力构建环境友好型农业。农业投入品的追溯和监管是保障农产品质量的重要环节。利用区块链和射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术,可实现种子、化肥、农药等关键投入品的全过程追溯,从源头控制生产投入的质量问题,避免不合格产品流入市场^[32]。这类数字追溯技术清晰地记录每批农产品从“田间到餐桌”的全路径,为消费者提供更高的透明度和信任度。未来,应进一步推广数字化应用,将全流程监测与数字监管落到实处,构筑坚实的质量安全屏障。

以荷兰为例,该国在利用数字技术提升农产品质量安全方面走在世界前列。荷兰广泛应用物联网技术,在温室和田间部署传感器网络,实时监测环境参数(如温度、湿度和光照),并结合AI算法优化灌溉、施肥和病虫害管理。这一系统确保作物在最佳条件下生长,减少化学物质使用,显著提高农产品质量与安全性。此外,荷兰建立了完善的投入品追溯体系,通过区块链技术记录从种子采购到农产品销售的全过程,确保产品可追溯性。这种全面的数字化管理体系极大地增强了消费者对荷兰农产品的信任度。

3.2 提升加工与流通环节的数字化水平:深层监控与智能物流并重

在农产品的加工和流通环节,提升数字化水平对保障产品质量和延长保质期具有重要意义。首

先,数字监管技术在保鲜剂、防腐剂和食品添加剂的科学使用中发挥着关键作用。例如,通过智能监控系统,可实时监测添加剂的浓度和使用情况,并在超标时自动发出警报,确保加工环节的食品安全符合高标准。此外,数字化分析工具能够优化加工工艺参数,减少质量波动,确保加工过程中的一致性和稳定性^[33]。在流通环节,数字冷链物流的建设至关重要。许多生鲜农产品对温度、湿度要求较高,冷链物流中任何温度失控都会导致品质下降甚至腐败。通过嵌入物联网传感器和云平台监测系统,可以实时监控运输过程中的温度数据,确保产品从加工厂到销售终端的“冷链不断链”^[34]。例如,一些冷链企业已采用RFID温控标签,实现物流全过程的温湿度监控和追溯,大幅提升了流通环节的安全性和稳定性。未来,持续推进流通环节的数字化建设将显著增强农产品的市场竞争力和消费者的信任度。

以英国为例,该国在农产品加工领域的数字化应用位居世界前列。英国农产品加工企业广泛采用智能监控系统,结合大数据分析,精准控制添加剂的使用,确保加工环节的食品安全达到高标准。根据英国食品标准局报告,这些举措使加工过程中食品安全事件减少了约20%。在流通环节,英国已构建了先进的数字冷链物流体系,利用物联网传感器和云平台实时监控运输过程中的温湿度,确保生鲜农产品从加工厂到销售终端全程“不断链”。随着数字化技术的持续发展和深入应用,农产品加工与流通环节的数字化水平将不断提高,为提升农产品市场竞争力和消费者信任度注入新的活力。

3.3 优化消费环节的数字信息服务:提升认知与打击欺诈双向发力

在消费端,优化数字信息服务既能增强消费者对农产品质量安全的认知,又能有效打击市场中的欺诈行为。当前,消费者对农产品的安全性愈加关注,但往往缺乏对产品品质和安全性的准确判断。通过建立二维码溯源系统和在线质量查询平台等数字化服务,消费者可以便捷地获取农产品从生产、加工到运输的全流程信息,从而增强对产品的信任感^[35]。同时,借助社交媒体和短视频平台,可广泛传播食品安全知识,提高消费者的质量意识,助力培养健康的消费观念。

打击市场欺诈行为是优化数字信息服务的另一关键方向。数字技术的普及为农产品市场信用体系的建设提供了有力支持。例如,区块链技术能够记录每一批农产品的来源和交易信息,确保“以次充

好”或“以假充真”等欺诈行为无处遁形。结合数字证书和智能合约,相关技术还可实现产品认证和溯源的自动化,减少人为干预,确保市场交易的公平性与透明度^[36]。通过深化数字信息服务的应用,不仅能优化消费者的购买体验,也为农产品市场环境的改善提供了坚实保障。

以澳大利亚为例,其政府与企业合作推出了“智慧农场到餐桌”项目,利用区块链技术构建农产品全程追溯系统。消费者通过扫描二维码即可查看产品详细信息,包括产地、种植过程和质量检测报告,大幅提高了消费透明度与信任度。此外,该项目结合大数据分析,精准推送食品安全知识和消费指南,有效提升了公众的质量意识。同时,区块链技术的不可篡改特性显著遏制了市场欺诈行为,为农产品市场的健康发展奠定了坚实基础。

3.4 完善全程监管的数字体系:搭建平台与协同机制齐头并进

在提升农产品质量安全过程中,构建高效的全程监管数字体系是关键举措。首先,搭建数字监管平台能够实现质量数据的全面采集与智能分析,为监管部门提供实时监控和科学决策支持。例如,依托大数据和人工智能技术,数字监管平台可整合生产、加工、流通等环节的数据,自动识别异常情况并进行风险预警^[37]。这一平台的应用不仅提高了监管效率,还能有效预防质量安全事件的发生。

针对跨部门和跨区域监管协同的难题,数字经济的发展需要更强大的协同能力。目前,农产品在多个地区流通,但各地监管政策和标准不统一,信息孤岛现象严重,导致监管碎片化^[38]。为解决这一问题,可在国家层面建立统一的数字监管系统,各地政府通过该平台实现数据共享和信息交换,从而协同推进质量监管工作。同时,应制定标准化的数据接口和规范化的监管流程,以确保跨区域协同监管的高效性与一致性。通过完善数字监管体系,有望逐步形成覆盖全国的全链条监管网络,为农产品质量安全提供系统性保障,如图2所示。

在跨部门与跨区域协同监管方面,欧盟的实践提供了宝贵经验。欧盟建立了食品安全快速预警系统(RASFF),该数字监管平台连接了成员国间的食品安全监管机构,实现了信息的实时共享与快速响应。当某成员国发现食品安全风险时,可立即通过RASFF系统向其他成员国发出预警,迅速启动协同监管机制。此外,欧盟还制定了标准化的数据接口和监管流程,确保跨区域协同监管的高效性与一致性。该体系显著提升了欧盟整体的食品安全监管

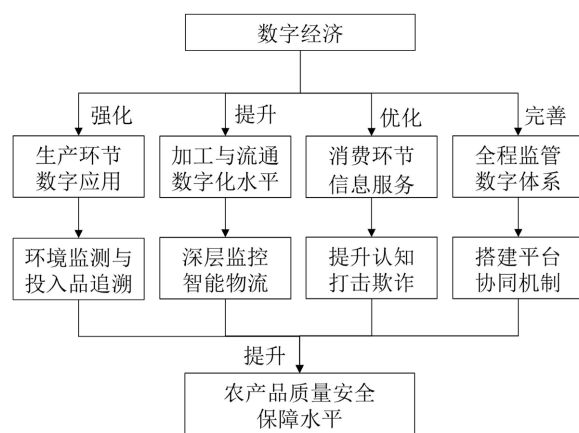


图2 数字经济背景下提高农产品质量安全保障水平路径图
Fig. 2 Roadmap for enhancing the quality and safety assurance level of agricultural products in the context of the digital economy

水平,为全球农产品质量安全监管提供了重要参考。

4 结束语

在数字经济蓬勃发展的背景下,推动农产品质量安全保障的全面升级已成为现代农业转型的重要议题。本文从生产、加工、流通到消费的全链条视角,深入分析了数字技术对农产品质量安全保障水平提升的驱动作用,揭示了数字化赋能在精准监控、透明溯源和智能监管方面的巨大潜力。尽管数字技术的应用已取得初步成效,但其普及和推广仍面临高成本、技术适配性不足以及政策保障不完善等多重挑战。为此,本文通过政策优化、法律完善和技术推广等策略,提出了构建多方协作机制、提升小农户参与度以及实现跨区域协同监管的可行路径。这不仅为农产品质量安全保障注入了数字经济的动力,也为农业现代化发展提供了理论支持与实践指导。展望未来,随着数字化技术与产业政策的进一步融合,农产品质量安全保障体系将朝着更加高效、智能的方向发展,为乡村振兴和食品安全奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 王岭. 数字经济时代中国政府监管转型研究[J]. 管理世界, 2024, 40(3): 110-126, 204, 127.
WANG L. Research on the transformation of Chinese government regulation in the era of the digital economy[J]. Journal of Management World, 2024, 40(3): 110-126, 204, 127.
- [2] 任雪, 刘婉琪, 周先东, 等. 数字经济概念内涵界定与统计分类改进[J]. 经济学家, 2024(1): 45-55.
REN X, LIU W Q, ZHOU X D, et al. Definition of statistical connotation and improvement of industry classification of digital economy[J]. Economist, 2024(1): 45-55.
- [3] 王小林. 以数字化助推农业现代化[J]. 劳动经济研究, 2022,

- 10(6): 11-15.
WANG X L. Boosting modernization of agriculture by digitalization[J]. *Studies in Labor Economics*, 2022, 10(6): 11-15.
- [4] 高鸣, 迟亮, 宋洪远. 发达国家保障农产品质量安全的经验与启示[J]. *农业现代化研究*, 2018, 39(5): 725-733.
GAO M, CHI L, SONG H Y. Experiences and implications of ensuring the quality and safety of agricultural products in developed countries[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2018, 39(5): 725-733.
- [5] 杨松, 庄晋财, 王爱峰. 惩罚机制下农产品质量安全投入演化博弈分析[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(8): 181-190.
YANG S, ZHUANG J C, WANG A F. Evolutionary game of quality and safety investment of agricultural products under punishment mechanism[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(8): 181-190.
- [6] JAHANI M, RAJI F, ZOJAJI Z. Securing supply chain through blockchain-integrated algorithmic system: ensuring product quality and counterfeiting tags detection[J]. *Cluster Computing*, 2024, 28(1): 51.
- [7] 钟颖琦, 黄祖辉. 食品安全信息标签猪肉的消费偏好与生产意愿差异研究[J]. *农业现代化研究*, 2022, 43(1): 38-47.
ZHONG Y Q, HUANG Z H. The difference between consumption preference and production willingness of pork with food safety information label[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2022, 43(1): 38-47.
- [8] RAO S H, CHEN F Q, HU W, et al. Consumers' valuations of tea traceability and certification: evidence from a blockchain knowledge experiment in six megacities of China[J]. *Food Control*, 2023, 151: 109827.
- [9] 周洁红, 魏珂, 金字, 等. 基于机器学习的食品安全风险预测与监管政策启示: 以生鲜水产品为例[J]. *农业经济问题*, 2024, 45(5): 4-19.
ZHOU J H, WEI K, JIN Y, et al. Food safety risk prediction and regulatory policy implications based on machine learning: evidence from fresh aquatic products[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2024, 45(5): 4-19.
- [10] 王彦炯, 柳畅, 陈慧杰, 等. 数字化平台赋能共同富裕的实现路径研究: 以浙江“网上农博”为例[J]. *农业大数据学报*, 2024, 6(4): 476-484.
WANG Y J, LIU C, CHEN H J, et al. Research on the realization path of digital platform enabling common prosperity: a case study of the agricultural-expo online in Zhejiang[J]. *Journal of Agricultural Big Data*, 2024, 6(4): 476-484.
- [11] 霍增辉, 柳畅, 张玫, 等. 农药最大残留限量标准差异对我国茶叶出口 RCEP 成员国的贸易效率影响研究: 基于随机前沿引力模型[J]. *茶叶科学*, 2024, 44(3): 526-542.
HUO Z H, LIU C, ZHANG M, et al. Study on the impact of standards differences in pesticide maximum residue limits on the trade efficiency of RCEP members exporting tea from China: based on the stochastic frontier gravity model[J]. *Journal of Tea Science*, 2024, 44(3): 526-542.
- [12] 张小允, 许世卫. 新发展阶段提升中国农产品质量安全保障水平研究[J]. *中国科技论坛*, 2022(9): 155-162.
ZHANG X Y, XU S W. Research on improving the quality and safety of China's agricultural products in the new development stage[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2022(9): 155-162.
- [13] 董银果, 钱薇雯. 农产品区域公用品牌建设中的“搭便车”问题: 基于数字化追溯、透明和保证体系的治理研究[J]. *中国农村观察*, 2022(6): 142-162.
DONG Y G, QIAN W W. The free-rider problem in the construction of region public brands of agricultural products: an analysis based on governance study of digital traceability, transparency and assurances systems[J]. *China Rural Survey*, 2022(6): 142-162.
- [14] 胡雯, 黄季焜, 陈富桥, 等. 基于区块链技术的农产品质量安全追溯体系: 实践、挑战与建议[J]. *农业经济问题*, 2024, 45(5): 33-47.
HU W, HUANG J K, CHEN F Q, et al. A blockchain-based traceability system for agri-food products: practice, challenges, and suggestions[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2024, 45(5): 33-47.
- [15] 柳国华. 食用农产品质量安全风险分析及监管建议[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(7): 2308-2316.
LIU G H. Quality and safety risk analysis and supervisory suggestions of edible agricultural products[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2022, 13(7): 2308-2316.
- [16] 胡小曼. 法治乡村背景下农产品质量安全网格化监管探索[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(7): 2613-2617.
HU X M. Exploration on grid supervision of agricultural product quality and safety in rural areas under the rule of law[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(7): 2613-2617.
- [17] 谭雅蓉, 王一罡, 于金莹, 等. 农产品质量安全保障与供应链治理机制研究: 基于市场参与主体行为的分析[J]. *价格理论与实践*, 2020(12): 14-18.
TAN Y R, WANG Y G, YU J Y, et al. Study on agricultural product quality safety and supply chain governance mechanism: based on the behavior of market participants[J]. *Price: Theory & Practice*, 2020(12): 14-18.
- [18] 张铁亮, 王敬, 刘潇威, 等. 构建新时代农产品产地环境监测网络的思考[J]. *环境保护*, 2022, 50(5): 19-24.
ZHANG T L, WANG J, LIU X W, et al. Thoughts on constructing the environmental monitoring network of agricultural producing area in the new era[J]. *Environmental Protection*, 2022, 50(5): 19-24.
- [19] HINA M, ISLAM N, DHIR A. Blockchain for sustainable consumption: an affordance and consumer value-based view[J]. *Internet Research*, 2024, 34(7): 215-250.
- [20] LAM H Y, TANG V. Digital transformation for cold chain management in freight forwarding industry[J]. *International Journal of Engineering Business Management*, 2023, 15: 1-10.
- [21] 杨雅萍, 姜侯, 胡云锋, 等. “互联网+”农产品质量安全追溯发展研究[J]. *中国工程科学*, 2020, 22(4): 58-64.
YANG Y P, JIANG H, HU Y F, et al. Development of quality and safety traceability of agricultural products based on Internet plus[J]. *Strategic Study of CAE*, 2020, 22(4): 58-64.
- [22] 何静, 陈晓娜. 基于区块链的可信主侧多链绿色食品追溯平台构建研究[J]. *食品工业科技*, 2023, 44(14): 411-418.
HE J, CHEN X N. Research on the construction of trusted main-side multi-chain green food traceability platform based on blockchain[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2023,

- 44(14): 411-418.
- [23] 宋英卓, 吴晓明, 钱建平, 等. 多要素融合的农产品质量安全精准监管系统构建与应用 [J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(8): 41-48.
- SONG Y Z, WU X M, QIAN J P, et al. Construction and application of multi-factor fusion agricultural product quality safety and precision supervision system[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(8): 41-48.
- [24] BERTINO L. Design of big data fusion model for agricultural product quality and safety based on blockchain technology[J]. Computer Informatization and Mechanical System, 2020, 3(1): 72-77.
- [25] 张利国, 彭继权. 食品产业高质量发展研究: 来自江西的实践 [J]. 农业现代化研究, 2024, 45(1): 1-9.
- ZHANG L G, PENG J Q. Research on high quality development of food industry: practice from Jiangxi[J]. Research of Agricultural Modernization, 2024, 45(1): 1-9.
- [26] PANG S N, TENG S W, MURSHED M, et al. A survey on evaluation of blockchain-based agricultural traceability[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2024, 227: 109548.
- [27] 杨建辉, 杨伦. 农产品质量安全内部协调度和耦合度测算及影响因素分析 [J]. 自然资源学报, 2022, 37(2): 494-507.
- YANG J H, YANG L. Influence of agricultural factor input regulation on internal disturbance and coupling of agro-product quality and safety[J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(2): 494-507.
- [28] 李建军, 汪校铃, 杨玉, 等. 基于物联网农产品质量安全追溯体系构建的研究 [J]. 北方园艺, 2020(8): 141-146.
- LI J J, WANG X L, YANG Y, et al. Research on the construction of quality and safety traceability system of agricultural products based on Internet of Things[J]. Northern Horticulture, 2020(8): 141-146.
- [29] 王可可, 陈志德, 徐健. 基于联盟区块链的农产品质量安全高效追溯体系 [J]. 计算机应用, 2019, 39(8): 2438-2443.
- WANG K K, CHEN Z D, XU J. Efficient traceability system for quality and safety of agricultural products based on consortium blockchain[J]. Journal of Computer Applications, 2019, 39(8): 2438-2443.
- [30] 霍红, 钟海岩. 农产品供应链质量安全中区块链技术投入的演化分析 [J]. 运筹与管理, 2023, 32(1): 15-21.
- HUO H, ZHONG H Y. Evolution analysis of blockchain technology investment based the quality and safety of agricultural supply chain[J]. Operations Research and Management Science, 2023, 32(1): 15-21.
- [31] 王宾. 农产品质量安全视域下土壤健康与污染治理研究 [J]. 价格理论与实践, 2020(7): 158-161.
- WANG B. Research on soil resources protection from the perspective of agricultural product quality and safety[J]. Price (Theory & Practice), 2020(7): 158-161.
- [32] 樊孝凤, 张娇, 朱月季. 使用合规农药能确保农产品“地头”质量安全吗? 基于豇豆农户的扎根理论分析 [J]. 海南大学学报 (人文社会科学版), 2025, 43(1): 119-128.
- FAN X F, ZHANG J, ZHU Y J. Can the use of approved pesticides ensure the safety of agricultural products in the “field”? A grounded theory analysis of cowpea farmers[J]. Journal of Hainan University (Humanities & Social Sciences), 2025, 43(1): 119-128.
- [33] IZMAILOV A Y. Intelligent technologies and robotic means in agricultural production[J]. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2019, 89(2): 209-210.
- [34] 石成玉, 陈怪亨, 王妍, 等. 大数据视角下生鲜电商供应链物流策略研究 [J]. 农业技术经济, 2023(10): 129-144.
- SHI C Y, CHEN G H, WANG Y, et al. Research on the logistics service strategy of fresh food E-commerce supply chain from the perspective of big data[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2023(10): 129-144.
- [35] 霍红, 詹帅. 集成供应链视角下农产品质量安全全过程监管体系构建 [J]. 中国科技论坛, 2019(8): 105-113.
- HUO H, ZHAN S. Construction of A whole-process supervision system for the quality and safety of agrifood from the perspective of integrated supply chain[J]. Forum on Science and Technology in China, 2019(8): 105-113.
- [36] 生吉萍, 莫际仙, 于滨铜, 等. 区块链技术何以赋能农业协同创新发展: 功能特征、增效机理与管理机制 [J]. 中国农村经济, 2021(12): 22-43.
- SHENG J P, MO J X, YU B T, et al. Blockchain technology enabling agricultural collaborative innovation and development: functional characteristics, synergistic mechanism and management mechanism[J]. Chinese Rural Economy, 2021(12): 22-43.
- [37] 王艳萍. 农产品供应链中质量安全风险控制机制探析 [J]. 社会科学, 2018(6): 52-61.
- WANG Y P. On the control mechanism of quality safety risk in agricultural products supply chain[J]. Journal of Social Sciences, 2018(6): 52-61.
- [38] 胡祥培, 都牧, 孔祥维, 等. 基于区块链的农产品供应链溯源研究综述 [J]. 管理科学学报, 2024, 27(5): 1-12.
- HU X P, DU M, KONG X W, et al. Review of blockchain-based traceability systems for agri-food supply chains[J]. Journal of Management Sciences in China, 2024, 27(5): 1-12.

(责任编辑: 孟岑)