

“粮食产业新质生产力发展及其供应链建设”专栏文章之四

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.06.004

林海, 管梦迪. 数字技术对粮食减损的作用与具体做法探析[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(6): 28-39.

LIN H, GUAN M D. Analysis on the role and pathway of digital technology in reducing food loss and waste[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(6): 28-39.

数字技术对粮食减损的作用 与具体做法探析

林 海, 管梦迪✉

(中国农业大学 经济管理学院, 北京 100083)

摘 要: 保障粮食安全既要增产也要减损, 近年来我国粮食总产量不断创新高, 但粮食损失和浪费问题依然突出, 节粮减损治理仍需深入开展。数字技术的发展对粮食减损具有重要作用, 本文简要梳理当前粮食减损及粮食供应链中数字技术应用现状, 从粮食生产、粮食流通、食品销售、消费四个领域分析数字技术对粮食减损的作用路径, 并对我国粮食减损工作提出相应对策建议。为进一步发挥数字技术对粮食减损的促进作用, 减少粮食供应链各环节的损失与浪费, 应当完善对粮食损失和浪费的监测与评估, 建立常态化粮食损失调查制度; 强化政策引导, 建立健全粮食减损长效治理机制; 培养粮食供应链各主体的数字素养和技能, 提升数字技术促进粮食减损治理软实力; 从粮食供应链各环节入手, 发挥数字技术对节粮减损的促进作用。

关键词: 数字技术; 粮食减损; 粮食供应链; 粮食安全; 对策建议

中图分类号: TS201.1; F323 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)06-0028-12

网络首发时间: 2024-11-06 17:43:17

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20241106.1458.004>

Analysis on the Role and Pathway of Digital Technology in Reducing Food Loss and Waste

LIN Hai, GUAN Meng-di✉

(College of Economics and Management, China Agriculture University, Beijing 100083, China)

Abstract: Ensuring food security requires not only increasing production but also reducing food loss and waste (FLW). In recent years, China's total grain production has continuously reached a new high, but the problem of FLW is still prominent. The control of FLW reduction also still needs in-depth development. The development of digital technology plays an important role in FLW reduction. This paper has briefly reviewed

收稿日期: 2024-09-04

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(22&ZD086); 国家自然科学基金委员会国际(地区)合作与交流项目(72261147471)

Supported by: Major Project of National Social Science Foundation (No. 22&ZD086); Key Project of International Cooperation of National Natural Science Foundation of China, Project of International (regional) Cooperation and Exchange (No. 72261147471)

第一作者: 林海, 男, 1976 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为数字农业经济、农村发展, E-mail: linhai@cau.edu.cn。本专栏及作者介绍详见 PC8-10

通信作者: 管梦迪, 女, 2000 年出生, 在读硕士生, 研究方向为数字农业经济, E-mail: guanmengdi@cau.edu.cn

the current situation of FLW reduction and the application of digital technology in food supply chain, and analyzed the pathway of digital technology in FLW reduction from four fields of food production, food circulation, food sales and consumption. It also proposes corresponding countermeasures and suggestions for China's work on FLW reduction. In order to further leverage the role of digital technologies in FLW reduction of all links of the food supply chain, efforts should be made to improve the monitoring and assessment of FLW and establish a regular FLW investigation system. Policy guidance should be strengthened to establish and improve the long-term management mechanism of FLW. The digital literacy and skills of all subjects in the food supply chain should be cultivated to promote the soft power of FLW with the digital technology management. Leverage digital technologies to promote grain conservation and loss reduction by addressing each link in the grain supply chain.

Key words: digital technology; food loss and waste; food supply chain; food security; suggestions for countermeasures

党的十八大以来,我国高度重视粮食安全和粮食减损问题。习近平总书记指出,“保障粮食安全,要在增产和减损两端同时发力”。联合国 2030 可持续发展目标 12.3 承诺,到 2030 年实现零售和消费层面的全球人均粮食浪费减半,减少生产和供应环节的粮食损失^[1]。联合国环境规划署 2024 年发布《食物浪费指数报告》指出,食物浪费是一种市场失灵,每年导致价值超过 1 万亿美元的食物被浪费,而同时每年仍有多达 7.83 亿人受饥饿影响;尽管食物浪费数据测量范围扩大了近一倍,但人均家庭食物浪费的趋同程度有所提高,不同收入水平国家的家庭食物浪费水平相似;减少食物浪费是一个降低成本以及应对气候变化问题和解决粮食安全问题的机会。当前资源环境约束日益趋紧,我国粮食供求仍处于紧平衡状态,且粮食损耗浪费严重,应当重视粮食减损,提高粮食利用率,保障国家粮食安全。

随着数字技术发展,数实融合进一步深化,以数字技术促进粮食减损是落实“藏粮于技”的体现。为应对粮食浪费,加强粮食全产业链各环节节约减损,《粮食节约行动方案》提出要大力推进节粮减损科技创新,强化粮食生产技术支持、推进储运减损关键技术体制升级、提升粮食加工技术与装备研发水平^[2]。我国《粮食安全保障法》指出,国家鼓励支持推广适时农业机械收获和产地烘干等实用技术,引导和扶持粮食生产者科学收获、储存粮食,减少产后损失;鼓励粮

食经营者运用先进、高效的粮食存储、运输、加工设施设备,减少粮食损失损耗;推广粮食适度加工技术,防止过度加工^[3]。据《中国农业产业发展报告 2023》预测,到 2035 年若能通过技术进步、农业技术推广等措施促进粮食在供应链各环节的损失率分别减少 1~3 个百分点,则可进一步实现粮食减损^[4]。我国人多地少的国情决定了粮食减损工作的根本出路在于科技创新,技术的发展与升级能够为粮食供应链各环节减损提供有效支撑。数字技术对于促进粮食减损具有重要意义,一是符合以数字化改革全面提升我国粮食安全保障能力的根本要求,二是能够有效解决资源有限对粮食增产的限制,三是有利于积极应对复杂多变的国际粮食安全形势、保障国家粮食安全^[5]。因此,从粮食供应链各环节入手,分析数字技术促进粮食减损的作用路径并提出改进措施,具有十分重要的现实意义。

本文将粮食供应链各环节归类为粮食生产领域、粮食流通领域、销售领域、消费领域 4 个方面,对各环节造成损失和浪费的关键问题进行分析梳理,有利于把握当前我国粮食损耗现状、掌握每个环节的减损潜力,从而针对关键问题提出对应解决措施。同时聚焦数字技术对粮食减损的作用,以粮食供应链各环节的减损潜力为基础,分析如何运用现有数字技术促进粮食减损,为数字技术与粮食领域结合提供新思路,为我国开展粮食减损工作提供对策建议。

1 粮食减损及数字技术应用的现状与问题

1.1 粮食减损现状

粮食减损即减少粮食损失和浪费。联合国粮农组织将粮食损失和浪费定义为供应链上粮食数量或质量的下降。其中,粮食损失指粮食供应链中粮食数量或质量的下降,但不包括与最终消费者的互动;粮食浪费指由于零售商、食品服务提供者和消费者的决定和行动导致食物数量或质量的下降^[6]。粮食损失和浪费涉及供应链的各个环节,主要包括生产、收获、干燥、储藏、运输、加工、销售和消费 8 个环节^[7]。我国粮食损失和浪费主要产生于两个方面:一是粮食生产及产后损耗。首先,种植与管理等因素会造成粮食在生产环节的损耗,如种子浪费、病害损失以及自然灾害等。其次,气候、人工、机械、技术、物流等因素都会导致粮食在生产后各环节的损失,如粮食储存方式和设备落后、运输抛洒、过度加工等^[8]。二是消费环节的浪费。联合国环境规划署 2024 年发布的《食物浪费报告指数》显示,2022 年全球人均浪费食物 132 公斤,占消费者可获得食物总量的五分之一,其中大约 60% 的浪费来自于家庭^[9]。消费环节的浪费主要来自于行为主体的主观意愿^[10]。

现阶段全球各国都面临巨大的粮食安全压力,保障粮食安全应当被摆在更加重要的位置。我国高度重视粮食安全问题,积极开展节粮减损工作并取得了一定成就。2021 年 4 月,我国通过并施行《中华人民共和国反食品浪费法》;2021 年 10 月,印发《粮食节约行动方案》,要求各地区、部门结合实际认真贯彻落实;2024 年中央一号文件强调要弘扬节约光荣风尚,推进全链条节粮减损,健全常态化、长效化工作机制^[11]。我国从立法和行动方面切入,聚焦减少粮食损失和浪费,不断推动节粮减损工作在粮食全产业链各个环节的落实。然而,当前粮食损失和浪费问题依然突出,我国粮食全链条损失率达 8%,其中,生产和收获环节约占整体粮食损失和浪费的 27%,储存和运输环节约占 33%,加工和包装环节约占 9%,消费环节约占 31%^[12]。因此,仍需继续开展粮食减损治理以保障粮食安全。

1.2 粮食供应链中数字技术应用现状

当前数字经济蓬勃发展,新一代信息化、数字化技术与农业产业深度融合,数字技术在粮食产业中的创新性应用不断推动粮食减损,成为保障粮食安全的重要支撑^[13]。数字技术已经成为提升粮食生产效率和质量的关键因素^[14]。一方面,大数据、物联网等数字技术的应用能够实时采集农业信息并进行分析,为决策提供数据支持,实现粮食种植过程中的精确管理;另一方面,智能化农业机械的应用,如自动收割机、植保无人机等,通过精准作业实现粮食产量与品质的提升^[17]。数字技术与粮食产业的融合,不断推动粮食供应链转型升级,实现粮食生产、收获、储藏、运输、销售等环节的数字化。

然而,数字技术在粮食供应链中的应用还存在一些问题。一是粮食产业中农业机械设施的普及与应用受数字基础条件影响。我国县域农业农村信息化发展总体水平、农业生产信息化水平仍然较低,存在信息基础设施建设滞后问题,数字基础设施建设不完善阻碍了粮食生产信息化、智能化水平。二是粮食全产业链各环节科技创新水平仍有较大进步空间。我国涉农数字技术创新不足,当前我国农业科技创新成果转化率约为 40%,虽然我国出台一系列政策鼓励科技创新,大力推进以科技创新促进粮食供应链各环节减,但农业科技创新成果转化率依然较低^[16],仍需进一步推动粮食部门科技成果融入市场,转化为节粮减损的新动力。三是农户数字素养相对较低,影响数字技术在粮食产业中的应用。与城市居民相比农村居民数字素养较低,且我国粮食生产以小农户为主,粮食生产主体较低的数字素养会阻碍数字技术在粮食产业中的推广与应用^[17]。

2 数字技术对粮食减损的作用路径及对策

数字技术的普及与应用从粮食供应链的各个环节对粮食减损的治理发挥重要作用。数字技术的发展有利于推动粮食生产进入数字化模式,实现粮食生产领域的自动化、智能化、精准化;有利于推动粮食干燥、储存、运输环节的数字化管理,减少粮食流通领域的损耗;有利于促进食品

销售库存控制的智能化，以数字化手段扩大食品销售，减少销售环节的损失与浪费；有利于完善对食物浪费的智能监测，树立节约粮食的消费观

念，减少消费环节的食物浪费^[18]。因此，我们将从粮食供应链的 4 个领域出发，探讨数字技术对减少粮食损失和浪费的作用路径及对策（图 1）。

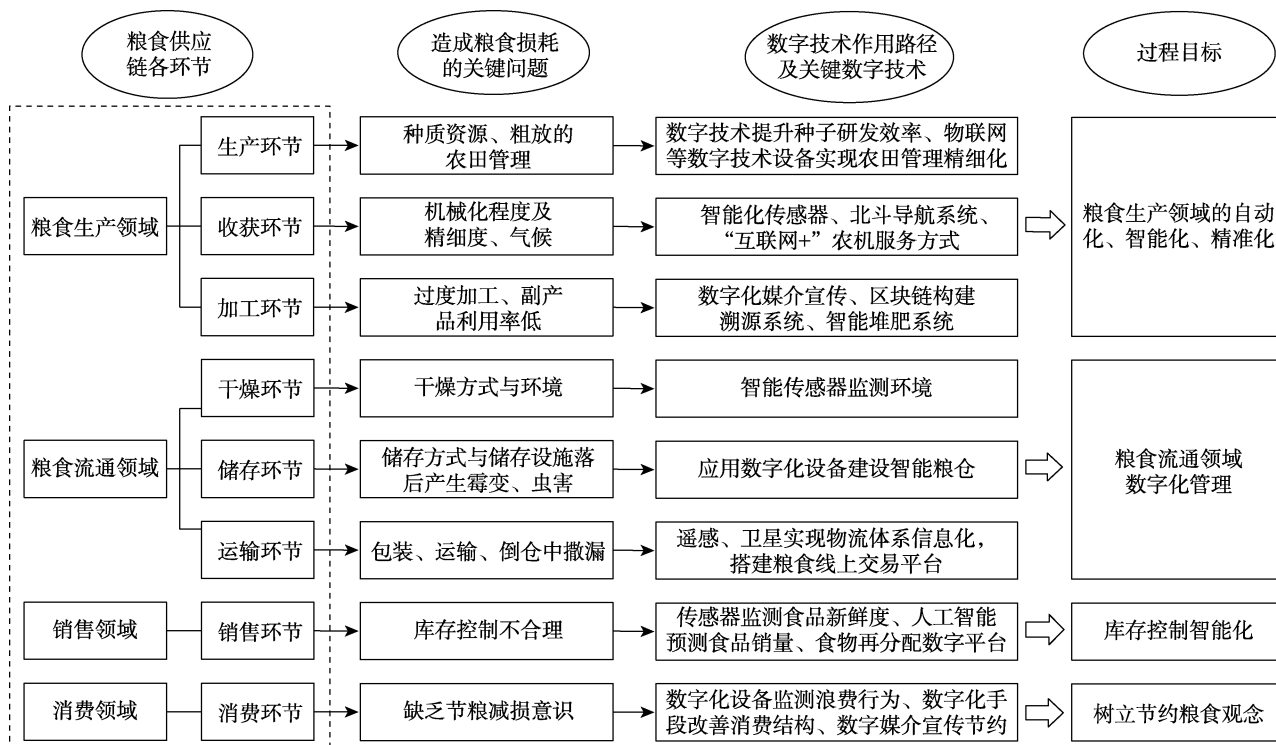


图 1 数字技术对粮食供应链各环节作用路径逻辑框架

Fig.1 Logical framework of digital technology on the food supply chain of each link of the path

2.1 粮食生产领域

在粮食生产领域，导致粮食损失和浪费的关键问题有以下：一是种质资源存在缺陷、粮食生产过程中较为粗放的农田管理方式；二是粮食收获过程机械化程度及作业精细程度不高、不确定的气候因素；三是粮食过度加工。关键数字技术的应用能够解决上述问题，从而减少粮食损失和浪费。数字技术与种子研发结合能够有效提高种子研发效率；物联网、遥感等数字技术的应用能够促进农田管理精细化；智能化传感器、北斗导航系统、互联网政务系统的应用能够实现粮食收获作业精细程度；数字化媒介、区块链、智能堆肥系统的应用能够减少粮食加工过程中的损失与浪费。我们将从粮食生产领域中的生产、收获、加工 3 个环节详细阐述数字技术对粮食减损的作用路径及对策。

在粮食生产环节，种质资源直接决定粮食的产量与质量，种业发展存在的缺陷会带来粮食损

失，且传统耕作方式下种子成苗率较低，也会造成粮食损失^[8]；另一方面，“重数量、轻质量”的粗放生产方式会导致粮食“广种薄收”的现象^[5]。因此，提升种子质量、优化农田管理对节粮减损具有重要作用，数字技术的发展为解决种子问题提供了方法。一是数字技术与作物育种相结合，高通量植物表型平台、智能育种管理系统等数字化智能装备的应用，促进了优质种子研发效率不断提高^[19]。二是数字技术与繁种制种相结合，虫情监测预警、无人机遥感、种子加工包装自动化系统等智能化监测仪器与装备的应用，实现了种子繁育的数字化管理，提升了制种效率与种子质量控制水平^[19]。三是开展种业数字化营销，通过电商平台、短视频平台等新兴数字平台对优质种子进行品牌宣传，加强优质种子的推广与种植，并运用种子检测与分析技术开展质量追溯^[15]。数字技术在种业方面的应用有利于从粮食生产根源上实现增产减损。在农田管理方面，将物联网技术与

农田管理相结合,通过传感器、红外摄像头、农田遥感监测技术等数字化设施收集农田土壤结构、湿度、肥力等相关数据,利用航空成像技术监测作物病虫害,有利于更为精准地开展浇灌、施肥等种植作业,从而改善粗放的田间管理,提高产量,减少粮食在生产环节的损失^[13,20,48]。在应对自然灾害方面,充分利用气象、遥感卫星等数字技术对自然灾害进行预警与监测,利用灾害预警装置预测生物灾害发生趋势,能够减少粮食生产和收获过程中因气候原因造成的直接损失。

在粮食收获环节,传统的粮食收割方式以及机械化收割的精细程度都会对粮食损失产生影响。粮食收获时的异常气候条件会影响收获进度,造成粮食收割困难,使收获损失率上升^[21]。数字技术在粮食收获环节的应用可以降低上述损失。第一,智能化传感器的应用能够提前获取农田中作物具体状况,据此设计并预调农机针对不同作物类型、植株倒伏等情况的作业程序,以应对粮食收割时的特殊情况。第二,将北斗智能监测终端与农机相结合,利用北斗导航系统全覆盖、高精度导航及定位的优势实时监测农机位置、作业轨迹等信息,并通过数据分析与处理,确保粮食收割机按照既定路线行驶,保障收获环节高精度作业^[22],提高粮食收割精细程度。此外,北斗辅助驾驶系统应用于农机设备,能够辅助驾驶员掌控车辆或实现自动驾驶,从而减少收获环节因机手技术不熟练导致的收割损失^[23]。第三,用好政务平台,推行“互联网+”农机服务方式,利用农机作业信息化管理手段,能够为农机需求方与供给方搭建桥梁,便利粮食收割机异地转运、跨区作业,灵活应对极端天气对粮食收获的影响,从而降低损失^[24]。

在粮食加工环节,过度加工情况依然突出,带来粮食浪费、营养流失等问题。数字技术的普及与应用能够减少加工环节的粮食损失。充分利用数字化媒介如短视频等宣传粮食适当加工产品的营养价值,向消费者普及科学的粮食消费观,能够引导粮食加工企业行为,减少粮食因过度加工带来的营养流失与损耗。此外,粮食加工过程中副产品利用率低、利用不合理也会造成粮食损

失与浪费^[25]。因此,应当充分利用粮食加工副产品,根据可食用副产品特点将其加工为新食品,运用区块链技术构建并完善溯源系统,追溯再加工食品在每个阶段的详细信息,避免因信息不对称而造成的浪费,促进市场对其了解与信任,从而扩大销量^[26]。此外,采用智能堆肥系统和生物发酵技术等促进不可食用副产品的资源化利用,利用数字技术支持粮食加工闭环管理,减少粮食加工环节的损失与浪费^[14]。

2.2 粮食流通领域

在粮食流通领域,导致粮食损失和浪费的关键问题有以下:一是粮食干燥方式简单、环境简陋;二是粮食储存方式与储存设施落后导致粮食产生霉变、虫害等;三是粮食包装、运输、倒仓过程中出现撒漏造成损失。关键数字技术的应用能够解决上述问题,从而减少粮食损失和浪费。温度、湿度等智能传感器,害虫在线监测预警技术,仓储环境监测系统等数字技术的应用能够减少粮食干燥与存储环节的损失与浪费;遥感、卫星,地理信息系统、全球定位系统等现代物流技术能够实现粮食运输过程数字化管理,减少浪费。我们将从粮食流通领域中的干燥、储存、流通 3 个环节详细阐述数字技术对粮食减损的作用路径及对策。

在粮食干燥与储存环节,储存方式简单、储存技术落后、仓储设施不完善、生物因素、自然因素等都会造成粮食数量与质量的损失^[27]。数字技术的引入有利于减少粮食在干燥与储存环节中的损失与浪费。首先,数字化设备的应用能够提高科学储粮水平,实现粮食仓储智能化,延缓粮食品质变质,降低粮食损失。一是在粮食入库检验环节,采用智能化粮食质量检测仪器装备,实现自动扦样检验,有利于降低人为因素对入库粮食质量监测的干扰,从源头防止不合格粮食入仓^[28]。二是采用粮堆害虫在线监测预警技术,引进孔摄像头与试虫笼在粮堆内拍摄成像技术,在线监测害虫发生数量、识别害虫种类,对储粮进行实时监管,减少储藏环节因虫害导致的损失与浪费^[29]。三是粮食仓储环境监测系统的应用能够实现对粮食储藏环境的可视化管理。利用探测器采集粮仓环境

参数,包括温度传感器、湿度传感器、声音传感器、热释电红外传感器等,将搜集到的参数汇集至后台服务器系统,再对粮食存储环境参数进行汇总、分析与处理,根据监控环境要求做出相应调整^[30],从而减少因仓储环境不合理带来的霉变等损失。其次,我国粮食种植以小农户为主,农户行为影响储存环节的粮食损失。因此,依托数据资源构建粮食储藏技术示范平台,向农户普及数字技术在储粮阶段的应用优势,有利于转变农户落后的储粮观念,增强对科学储粮重要性的认知;有利于指导农户学习和运用数字化设备进行科学储粮,提高科技素养,减少粮食在产后干燥与储存阶段的损失与浪费^[27]。

在粮食运输环节,散粮的拆卸、多次运输、粮食倒仓等都不利于粮食减损^[15]。数字技术在粮食运输环节的应用能够减少因撒漏、倒仓等造成的损失。第一,数字技术的应用有利于完善粮食运输物流设施建设并提升专业化运输能力。依据遥感、卫星等技术收集粮食流通的主要线路,形成物流线路布局合理、粮食转运便捷高效、损耗率低的粮食物流体系,推进粮食物流信息化和标准化^[31]。运用地理信息系统、全球定位系统、智能车辆监控调度技术以及射频技术等现代物流技术,能够实现粮食运输的可视化管理,实时把握运输动态,避免运输撒漏^[32]。通过研发粮食包装新技术,创新冷链物流技术,能够减少粮食运输过程因环境因素导致的损耗^[10]。完善的物流设施及专业的运输能力能够减少粮食运输过程中的损耗。第二,数字技术的应用能够减少粮食买卖环节的交易次数,优化粮食收购环节,从而减少多次倒仓导致的损失。通过搭建粮食线上交易平台,鼓励粮食电子商务企业开展网上交易,支持订单采购、预约收购等方式,积极引导粮食买卖双方直接对接,减少中介数量及交易环节,从而减少粮食运输和集中时带来的损耗。

2.3 销售领域

在粮食销售领域,导致粮食损失和浪费的关键问题是食品过量生产以及销售过程中库存控制不合理导致食品过期、变质。数字技术的应用能够实现库存控制智能化,利用智能传感器监测食

品新鲜度、利用人工智能预测食品销售量、建设食物再分配数字平台等能够促进销售领域主体合理控制库存,减少食物因过期、变质导致的浪费。

处于食品供应链中的相关企业在生产食品时,为满足下游参与者的不确定需求并降低短缺成本风险,大多存在过量生产现象^[49];且食品生产完成后进入销售阶段,而在食品的零售和分销阶段也存在损失和浪费。分销商和零售商的库存控制是否合理对减少粮食浪费具有重要作用。在粮食销售领域,库存起着“蓄水池”的作用,合理的库存不仅可以降低缺货成本、降低因订货过多而占用的仓储成本,还能够向消费者提供更为新鲜的商品,减少因过期导致的食物损失与浪费^[33]。数字技术的引入可以实现经销商和零售商对库存的合理控制。充分利用温度及湿度传感器、相关食品新鲜度检测设备等智能化设备对库存食品储存条件和产品新鲜度进行监测,便于根据食物新鲜度进行库存管理。利用大数据搜集并统计天气、季节、节假日、重大事件等相关数据,并将数据导入人工智能或数据分析平台,运用相关算法对未来趋势进行预测,帮助经销商和零售商预测未来销量,实现对库存水平的精确控制,防止过多采购或存货不足的情况,最大限度地减少因库存不合理造成的食物损失与浪费。

减少食品因过期末销售导致浪费的另一措施是扩大销售。充分利用电商平台,适当加大网络营销力度,增加交易机会,减少粮食制品腐烂变质损失。动态制定食品价格,对品相较差的食品采取低价格销售,对临期产品采取折扣销售。根据食品保质期、周转率、存货量等数据,利用人工智能计算折扣提前日期、折扣力度,尽可能扩大临期食品的销售量,及时处理余货,减少损耗。利用数字技术开发相关打折应用程序,对打折食物的信息进行汇总并宣传,在提高临期食品销售效率的同时使消费者购买打折食品更加便捷高效。此外,经销商或零售商可以充分利用用户数据,建设后台数据中心,运用大数据分析获取消费者画像,更好地了解其需求和行为,精准推送相关食品,按需进行广告宣传及内容营销,进一步扩大食品销量并优化消费者体验^[34]。

建设支持食物再分配的数字平台,利用数字平台搭建企业与再分配慈善机构联系渠道,捐赠临期食品,实现对临期食品的再分配,从而减少食物在零售及分销过程中的损失与浪费。积极开发食物捐赠应用程序,使食物再分配支持者能够随时参与,提高再分配运作效率,减少信息壁垒并促进捐赠双方的联系。政府应当对参与食物再分配的慈善机构及相关企业给予一定支持。鼓励建立“食物银行”,由政府主导,非政府和慈善机构提供资金补充,零售食品部门捐赠过剩、临期食品,通过再分配分发给有需要的人,减少食物浪费^[35-36]。

2.4 消费领域

在粮食消费领域,导致粮食损失和浪费的关键问题有以下:一是家庭层面烹饪不合理;二是餐饮行业不合理的营销方式;三是消费者粮食消费结构不合理且缺乏节粮减损意识。数字技术的应用能够减少消费环节的粮食损失和浪费。智能传感器与包装技术等数字化设备的应用能够监测食品新鲜度,从而减少家庭层面的浪费;智能监视器、人工智能的应用能够对餐饮行业浪费行为进行监测;数字媒介的运用能够对节粮减损意识进行宣传与普及。我们从消费领域的关键问题出发,详细阐述数字技术对消费领域粮食减损的作用路径及对策。

消费环节的食物损失和浪费已经成为粮食产后损失最大的环节^[10]。随着人们生活水平不断提高,可选择的食物种类越来越多,粮食浪费也更加严重。在消费环节,粮食损失和浪费主要有以下原因:一是在家庭层面,烹饪过量或烹饪不当会造成食物浪费或营养损失;消费水平提高增加了人们对食物种类的需求从而过量采购会导致食物浪费^[37]。二是提供消费的餐饮企业只重视自身利益,不合理的营销方式和“最低消费”等行为会造成食物浪费^[10]。三是消费者的粮食消费结构不合理,且无法严格把控每餐所需食物量,存在所购食物量常常超过需求的现象,导致食物浪费;部分消费者尚未树立节约粮食的意识,没有意识到节粮减损对保障粮食安全的重要性。

数字技术的应用可以从以下方面减少消费环

节的食物损失和浪费。首先,利用数字技术减少食物过量采购与不合理烹饪导致的损失和浪费。食物的可视化智能包装包括新鲜度指示标签、时间温度指示标签和包装完整性指示标签,将可视化智能传感器与现有的包装技术相结合,有助于消费者了解食物新鲜度,提醒消费者在食品新鲜期内食用。此外,通过进一步研发将传感器的数据传输至智能手机或互联网,能够更加便捷地帮助消费者实时了解食物具体状态,减少食物浪费^[38]。利用数字技术开发能够根据食材提供菜谱的智能应用软件,帮助消费者充分利用现有原材料并提升烹饪技术,减少不合理烹饪造成的食物浪费。

其次,对餐饮行业食物损失和浪费进行识别与监测,以合理的方式处理食物垃圾。充分利用智能监视器、人工智能等数字化设备和技术对被浪费的食物进行识别并生成数据报告,根据报告分析并统计浪费率高的食材,提高浪费的可见性,从而更有针对性地开展行动减少食物浪费。运用数字技术建立垃圾分类智慧管理大数据平台,把食物垃圾与其他垃圾区分,对食物垃圾回收的各个环节进行跟踪与溯源,以监测食物浪费的种类及数量^[39]。数字技术在垃圾分类中的应用不仅有利于更准确地测量食物浪费相关数据,还有利于充分利用食物垃圾所含养分进行能源再生产。

最后,利用数字化手段改善消费者粮食消费结构,大力提倡健康饮食,弘扬节约光荣风尚。建立消费者饮食健康监测系统,利用大数据分析技术,为消费者精准推送符合当前饮食健康状况的食谱,帮助个人形成符合自身需求的粮食消费结构^[40]。加强舆论宣传,充分利用新媒体、数字化平台鼓励消费者节约粮食,推广分餐制,鼓励适量点餐;呼吁餐饮业提供剩饭剩菜打包服务、杜绝“最低消费”制度、普及小份菜或半份菜。积极深入开展“光盘行动”,通过人工智能技术识别“光盘”打卡,鼓励高校食堂、公共食堂等减少食物浪费。

3 对我国粮食减损工作的建议

作为人口大国,我国始终重视粮食安全问题,减少粮食损失和浪费是保障粮食安全的重要环

节。现阶段,我国采取一系列重要措施促进节粮减损,并取得了一定成就。数字技术的发展及其与粮食供应链各个环节的融合为节粮减损提供了新思路与新方法,也对我国深入开展节粮减损工作具有重要的启示作用。

3.1 完善对粮食损失和浪费的监测与评估,建立常态化粮食损失调查制度

粮食减损治理要从宏观上把握当前粮食损失和浪费的现状,明确如何对其进行测量,建立常态化粮食损失调查制度。当前,粮食损失浪费的计算体系尚不完善,对粮食损失和浪费的监测方法及统计口径存在差异^[41]。我国还未建立常态化粮食损失调查制度,相关数据的调查缺乏统一标准,且数据汇总方式存在差异,粮食损失与浪费情况缺少官方发布渠道。为此,应当对粮食损失和浪费开展常态化、可持续的调查评估,构建粮食损失和浪费调查体系;统一粮食损失和浪费监测与评估的标准,厘清粮食供应链各环节的边界,明确损失浪费的机理,准确测量粮食损失率;制定科学的数据汇总办法,对调查获得的相关数据进行清理、修正;依据我国现有粮食损失调查系统建立完整的调查体系,构建全过程粮食减损协调机制,对粮食产业链各环节进行时间、地点溯源,并对粮食损失相关数据进行“常态化”地发布,将各环节的损失浪费情况、减损成果汇总为统计报告,明确粮食供应链上损失率高的突出环节,以把握节粮减损政策的主要着力点^[42]。要始终以保障粮食安全为最终目的开展粮食减损工作,推进全链条节粮减损。

3.2 强化政策引导,建立健全粮食减损长效治理机制

粮食安全对保障国家安全与维护社会稳定具有重要作用,开展节粮减损治理需要构建政府主导、相关企业实施、全民参与的长效机制,形成节粮减损、防止浪费的良好社会氛围。一是政府应以保障粮食安全为导向,与相关部门共同制定数字技术促进粮食减损的顶层设计,从宏观上把握粮食减损的大方向,建立健全粮食减损法律法规政策体系。加强政策引导,运用人民群众喜闻

乐见的新媒体、短视频等形式加大对相关政策的宣传,充分发挥数字技术优势,不断丰富、优化政策宣传的路径和平台,提高社会公众对粮食减损政策的知晓率^[44]。此外,数字技术能够提高决策的科学性与民主性,社会公众可以通过社交平台对事关自身利益的问题表达态度,政府作为决策者利用数字技术搜集并分析民意,能够为制定粮食减损相关政策提供广泛的民意基础^[43]。

二是加大节粮减损财政投入力度,引导社会资本投入,为数字技术促进粮食减损提供资金支持^[45]。先进的数字化技术能够推动粮食供应链转型升级,减少粮食生产各个环节的损失与浪费,但数字化技术的投入往往需要较大的资金量,且数字技术与粮食供应链各环节的融合涉及较多社会主体和产业部门,各主体关联性强,仅依靠市场机制无法有效推进粮食供应链的数字化转型^[46]。政府应加强政策引导,鼓励社会资本积极投入粮食供应链的数字化改造,促进投融资渠道的多样化、调动各主体的积极性,为数字技术促进粮食减损提供良好的社会环境。社会资本积极参与粮食供应链数字化改造不仅能分担政府开展粮食减损治理的成本,还能实现参与主体多元化,更有利于粮食减损目标的实现。

三是明确粮食减损各主体的责任,细化各级政府、企业、消费者在粮食减损中的职责。粮食减损工作涉及政府各级各部门,应当把责任明确到主体,推动粮食减损相关政策的真正落实。建立正向激励机制,对积极应用数字化技术节粮减损的企业或个体给予财政补贴、税收减免等激励措施,吸引社会主体积极参与节粮减损。加大节粮减损宣传力度,进一步强化消费者爱粮节粮意识与消费引导,广泛开展爱粮节粮宣传教育活动,充分利用主流媒体向全社会科普粮食浪费现状,引导全民树立节约意识、参与并落实节粮减损,营造节约粮食的良好社会氛围^[45]。

3.3 培养粮食供应链各主体的数字素养和技能,提升数字技术促进粮食减损治理软实力

粮食损失和浪费产生于粮食供应链各个环节,存在涉及主体多的特点,粮食供应链参与主

体的数字素养和数字技能一定程度上决定了数字技术在粮食减损治理中的应用深度。当前,我国从事农业生产的劳动力存在年龄偏大且受教育程度不高的特点,这表明农业生产者对数字技术接受能力不足,应用新技术的意愿不强,对数字技术在粮食减损中的应用与推广产生不利影响^[43]。因此,应当提升粮食供应链各主体的数字素养和技能,提升数字技术促进粮食减损治理软实力。一是培养当前主体数字素养与技能。充分利用新媒体平台宣传推广数字技术与粮食产业结合的优势,提升相关主体特别是农户对数字技术的接受能力;通过线上授课、技术观摩、现场试验等方式对各主体的数字能力进行培训。二是加强粮食行业数字化人才引进,积极培养既掌握数字技术又愿意从事粮食行业的专业人才。政府要加强对高层次粮食行业数字化人才的管理与服务,利用政策优势营造人才引进的良好氛围;鼓励高校、科研院所、粮食相关企业深度合作,实现科研与教学、实践的有机结合^[47]。

3.4 从粮食供应链各环节入手,发挥数字技术对节粮减损的促进作用

我国粮食损失和浪费产生于粮食供应链的每一环节,把握各个环节造成粮食损失的关键问题及其减损潜力,有利于更有针对性地发挥数字技术对粮食减损的促进作用。因此,针对粮食供应链各环节损失和浪费的关键问题,提出如下建议。

在粮食生产领域,从生产环节看,要充分利用数字技术提升优质种子研发效率,加快选育并推广自主优良品种,加强对种质资源研发关键核心技术攻关;不断提升 5G 基站、物联网、传感终端等数字基础设施在农村的覆盖率;持续提升涉农数字技术创新水平,在通用性数字技术和智能化设备方面实现突破,如数字化农机装备、农业无人机、传感器等设备,提升农业数字技术和设施设备供给的自主性^[15],进而推进田间管理精细化,减少粮食生产环节损失。从收获环节看,要进一步普及农机装备应用,加大对智能农机的研发力度,加强基层农技推广,利用数字技术辅助人工机收,实现粮食收获精准作业,减少收割损失。从加工环节看,运用数字化媒介对粮食适

度加工进行宣传,普及科学的粮食消费观;运用区块链技术构建溯源系统对粮食加工副产品进行追踪,运用智能堆肥系统对副产品进行资源化利用,实现副产品再利用,减少粮食损耗。

在粮食流通领域,从干燥与储存环节看,首先要改善简单的晾晒式干燥方式,推广粮食烘干成套设施装备,并纳入农机新产品补贴试点范围^[7]。其次,加强对农户粮食储存环境的数字化改造,运用数字化设备实现粮食仓储智能化,对粮食储存环境进行监测,防止虫害、霉变导致的损失。此外,要构建粮食储藏技术示范平台,向农户普及科学储粮技术与使用方法。从运输环节看,要运用数字技术对粮食运输路线进行可视化管理,提高运输效率,搭建粮食线上交易平台,减少粮食交易次数,进而减少粮食包装、运输过程中的损失。

在粮食销售领域,运用智能化传感器、监测设备等对食品新鲜度进行监测,完善农产品冷链物流系统,强化冷链物流基础设施建设,加大对冷藏技术的研发与推广应用。其次,利用大数据、人工智能等对食品销售量进行预测,优化销售端库存智慧化管理;同时,根据食物新鲜度动态调整价格,扩大销售。最后,研发应用软件或线上平台完善对食物的再分配,减少临期食品的浪费。

在粮食消费领域,大力宣传节粮减损观念,弘扬节约光荣风尚,通过让消费者树立节约粮食的意识,促进其从主观上减少家庭层面食物浪费;加大对餐饮行业食物损失和浪费的识别与监督,有关部门要严格管理并规范餐饮企业为谋利采用不合理销售方式导致食物浪费的行为;运用数字技术对食物垃圾回收进行跟踪与溯源,实现能源再生产。

参考文献:

- [1] 武拉平. 节粮减损的国际视野[J]. 中国粮食经济, 2023(1): 60-63.
WU L P. The international perspective of grain saving loss[J]. China Food Economy, 2023(1): 60-63.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《粮食节约行动方案》[EB/OL]. (2021-10-31) [2024-9-3]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5651724.htm.
Central Government of the People's Republic of China. General

- office of the central committee of the communist party of China General Office of the State Council issued the grain saving action plan [EB/OL]. (2021-10-31) [2024-9-3]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5651724.htm.
- [3] 国家粮食和物资储备局. 中华人民共和国粮食安全保障法 [EB/OL]. (2023-12-29) [2024-9-3]. http://lswz.gov.cn/html/zcfb/2023-12/30/content_278749.shtml.
National Food and Strategic Reserves Administration. Food Security Law of the People's Republic of China [EB/OL]. (2023-12-29) [2024-9-3]. http://lswz.gov.cn/html/zcfb/2023-12/30/content_278749.shtml.
- [4] 中华人民共和国政府. 报告显示确保粮食安全需从增产和减损发力 [EB/OL]. (2023-05-21) [2024-9-3]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202305/content_6875438.htm.
The People's Republic of China. The report shows that to ensure food security, efforts should be made from increased production and decreased production [EB/OL]. (2023-05-21) [2024-9-3]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202305/content_6875438.htm.
- [5] 崔宁波, 刘紫薇, 董晋. 智慧农业助力粮食生产减损的内在逻辑与长效机制构建 [J]. 农业经济问题, 2023(10): 116-128.
CUI N B, LIU Z W, DONG J. The intrinsic logic and long-term mechanism of smart agriculture supporting reduction of grain production losses [J]. Agricultural Economic Issues, 2023(10): 116-128.
- [6] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Regional Conference for Africa [EB/OL]. (2024-02) [2024-9-3]. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a9941364-804d-4786-98eb-dec059b53a75/content>.
- [7] 武拉平. 我国粮食损失浪费现状与节粮减损潜力研究 [J]. 农业经济问题, 2022(11): 34-41.
WU L P. Current situation of food loss and waste in China and research on the potential of food loss reduction [J]. Issues in Agricultural Economy, 2022(11): 34-41.
- [8] 牟若彤, 吴良. 全球粮食产后收获损失研究综述 [J]. 资源科学, 2023, 45(9): 1789-1800.
MU R T, WU L. A research review of global grain harvest losses [J]. Resources Science, 2023, 45(9): 1789-1800.
- [9] UN environment programme. Food Waste Index Report 2024 [EB/OL]. (2024-3-27) [2024-9-3]. <https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024>.
- [10] 朱聪, 曲春红, 王永春, 等. 中国粮食全产业链的损失与浪费研究 [J]. 农业展望, 2022, 18(8): 76-83.
ZHU C, QU C H, WANG Y C, et al. Research on the loss and waste of the whole grain industry chain in China [J]. Agricultural Outlook, 2022, 18(8): 76-83.
- [11] 中华人民共和国农业农村部. 2024 年中央一号文件 一、确保国家粮食安全 [EB/OL]. (2024-02-04) [2024-9-3]. http://www.moa.gov.cn/ztl/2024yhwhj/2024nzyyhwj/202402/t20240204_6447021.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Document No. 1 of the Central Committee of the People's Republic of China: Ensuring National Food Security [EB/OL]. (2024-02-04) [2024-9-3]. http://www.moa.gov.cn/ztl/2024yhwhj/2024nzyyhwj/202402/t20240204_6447021.htm.
- [12] 央视网. 我国粮食全链条减损取得积极进展 一项数据里看亮点 [EB/OL]. (2022-11-30) [2024-9-3]. <https://news.cctv.cn/2022/11/30/ARTI8O65egwds6EB5sEWf2R221130.shtml>.
CCTV Network. China's food chain reduction has made positive progress in one item of data to see the highlights [EB/OL]. (2022-11-30) [2024-9-3]. <https://news.cctv.cn/2022/11/30/ARTI8O65egwds6EB5sEWf2R221130.shtml>.
- [13] 宋洁, 张帆, 王榕金子. 新时期我国粮食安全管理的数字化研究 [J]. 粮油食品科技, 2023, 31(4): 36-41.
SONG J, ZHANG F, WANG R J Z. Digital research on food security management in China in the new era [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(4): 36-41.
- [14] 李盛竹, 薛枫, 姜金贵. 农业数字化对中国粮食新质生产力的影响效应研究 [J/OL]. 农林经济管理学报: 1-12 [2024-04-28].
LI S Z, XUE F, JIANG J G. Study on the effect of agricultural digitization on new quality productivity of grain in China [J/OL]. Journal of Agriculture and Forestry Economics and Management: 1-12 [2024-04-28].
- [15] 马改艳. 数字技术赋能粮食安全的作用机理、现实难题与对策思考 [J]. 辽宁行政学院学报, 2023(5): 29-35.
MA G Y. The mechanism, practical problems and countermeasures of digital technology enabling food security [J]. Journal of Liaoning Administration University, 2023(5): 29-35.
- [16] 文丰安. 数字经济赋能农业强国建设的路径 [J/OL]. 吉首大学学报(社会科学版): 1-9 [2024-04-29].
WEN F A. The path of building a strong agricultural country empowered by digital economy [J/OL]. Journal of Jishou University (Social Science Edition): 1-9 [2024-04-29].
- [17] 王凤羽, 王永健. 我国城乡数字鸿沟的历史演进、治理困境与弥合路径 [J]. 中国流通经济, 2024, 38(2): 3-12.
WANG F Y, WANG Y J. The historical evolution, governance dilemma and bridging path of the urban-rural digital divide in China [J]. China Circulation Economy, 2019, 38(2): 3-12.
- [18] 黄静玲. 数字技术在构建粮食安全新动能中的应用 [J]. 粮食科技与经济, 2021, 46(6): 20-23.
HUANG J L. Application of digital technology in building new momentum of food security [J]. Food Science and Economy, 2021, 46(6): 20-23.
- [19] 范贝贝, 李瑾, 马晨. 我国作物种业数字化发展: 成效、困境与前瞻 [J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(12): 25-32.
FAN B B, LI J, MA C. Digital development of crop seed industry in China: results, difficulties and prospects [J]. China Agricultural Science and Technology Review, 2022, 24(12): 25-32.
- [20] 李瑾, 郭美荣, 高亮亮. 农业物联网技术应用及创新发展策略 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(S2): 200-209.

- LI J, GUO M R, GAO L L. Application and innovation development strategy of agricultural internet of things technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(S2): 200-209.
- [21] 王晓飞, 谭旭, 周立, 等. 做好“减法”: 节粮减损的研究现状与展望[J]. 世界农业, 2021(11): 4-11+118.
WANG X F, TAN X, ZHOU L, et al. Do a good job in “subtraction”: Research status and prospects of grain reduction [J]. World Agriculture, 2021(11): 4-11+118.
- [22] 农机自动驾驶系统发展研究[J]. 农机市场, 2023(5): 80-96.
Research on the development of automatic driving system of agricultural machinery[J]. Agricultural Machinery Market, 2023(5): 80-96.
- [23] 罗屹, 黄东, 黄汉权, 等. 中国粮食产后损失及其隐性成本解密[J]. 农业经济, 2022, (11): 17-19.
LUO Y, HUANG D, HUANG H Q, et al. Post-production loss and hidden cost of grain in China[J]. Journal of Agricultural Economics, 2022, (11): 17-19.
- [24] 曹光乔, 吴萍. 如何把小农户“服务好”“带动好”——基于农机社会化服务视角[J]. 农业经济问题, 2023(10): 22-31.
CAO G Q, WU P. How to make small farmers “serve well” and “drive well”—based on the perspective of agricultural machinery social service[J]. Issues in Agricultural Economy, 2023(10): 22-31.
- [25] 姚惠源. 中国粮食加工科技与产业的发展现状与趋势[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3541-3546.
YAO H Y. Development status and trend of grain processing technology and industry in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(17): 3541-3546.
- [26] 李旭东, 杨千河, 姚竟发, 等. 基于区块链的农产品溯源技术研究综述[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(6): 16-24.
LI X D, YANG Q H, YAO J F, et al. Research review of agricultural products traceability technology based on blockchain[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(6): 16-24.
- [27] 朱俊峰. 我国粮食产后损失的现状、影响因素及改进对策——以农户储粮环节为例[J]. 江西社会科学, 2023, 43(9): 29-40.
ZHU J F. Current situation, influencing factors and improvement measures of post-production grain loss in China: A case study of farmers’ grain storage[J]. Jiangxi Social Sciences, 2019, 43(9): 29-40.
- [28] 宋晓杰, 安春梅, 侯岩, 等. 新时期我国粮食仓储管理关键控制点及对策研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(4): 162-169.
SONG X J, AN C M, HOU Y, et al. Research on key control points and countermeasures of grain storage management in China in the new era[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(4): 162-169.
- [29] 徐永安. 粮食仓储物流技术难题和需求调研分析[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(2): 194-202.
XU Y A. Research and analysis on technical problems and demand of grain storage and logistics[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(2): 194-202.
- [30] 黄娴, 陈佳, 陈可心. 无线传感技术在粮食仓储环境监测中的应用[J]. 食品与机械, 2021, 37(10): 133-137+166.
HUANG X, CHEN J, CHEN K X. Application of wireless sensing technology in environmental monitoring of grain storage [J]. Food and Machinery, 2021, 37(10): 133-137+166.
- [31] 朱满德, 李成秀, 程国强. 保障国家粮食安全: 在增产与减损两端同时发力[J]. 农业现代化研究, 2023, 44(2): 222-232.
ZHU M D, LI C X, CHENG G Q. Ensuring national food security: Making efforts at both ends of increase and decrease[J]. Research of Agricultural Modernization, 2023, 44(2): 222-232.
- [32] 叶菁, 黄挺, 陈永青. 进口散装粮食中转运输的过程监管探讨[J]. 植物检疫, 2017, 31(1): 77-79.
YE J, HUANG T, CHEN Y Q. Study on the process supervision of imported bulk grain transshipment[J]. Plant Quarantine, 2017, 31(1): 77-79.
- [33] 李贺, 吴琪. C 超市库存管理优化研究[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2021(10): 25-27.
LI H, WU Q. C Research on optimization of supermarket inventory management[J]. Management and Technology of Small and Medium-sized Enterprises (Mid-day), 2021(10): 25-27.
- [34] 谢鑫. 基于数字营销的农产品电商运营探讨[J]. 农业开发与装备, 2023(12): 88-90.
XIE X. Discussion on e-commerce operation of agricultural products based on digital marketing[J]. Agricultural Development and Equipment, 2023(12): 88-90.
- [35] 王美娟, 柳济琛. 减少食物浪费, 全球在行动[J]. 国际人才交流, 2022(4): 21-22.
WANG M J, LIU J C. Reducing food waste: global action[J]. International Exchange of Talent, 2022(4): 21-22.
- [36] MOSSONSON S, GIGLIA R, PULKER E C, et al. The nutritional quality of food donated to a western Australian food bank[J]. Nutrients, 2024, 16(4).
- [37] 李国祥. 开展食物节约行动的思路和建议[J]. 价格理论与实践, 2023, (2): 40-43.
LI G X. Ideas and suggestions for carrying out food saving actions[J]. Price Theory and Practice, 2023, (2): 40-43.
- [38] 高琳, 易凯, 蔡锋, 等. 可视化智能包装在减少食物浪费中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(7): 125-133.
GAO L, YI K, CAI F, et al. Application of visual intelligent packaging in reducing food waste[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(7): 125-133.
- [39] 袁凌领, 柯君行. 运用数字化技术构建城市垃圾分类智能回收系统的分析与思考[J]. 清洗世界, 2023, 39(2): 62-64.
YUAN J L, KE J X. Analysis and thinking of constructing intelligent recycling system of municipal waste classification by digital technology[J]. Clean the World, 2019, 39(2): 62-64.
- [40] 黄静玲. 数字技术在构建粮食安全新动能中的应用[J]. 粮食科技与经济, 2021, 46(6): 20-23.

- HUANG J L. Application of digital technology in building new momentum of food security[J]. Food Science and Economy, 2021, 46(6): 20-23.
- [41] 高丹桂. 健全粮食产后损失评估体系的思考与政策建议[J]. 粮食问题研究, 2023(3): 4-7.
- GAO D G. Thoughts and policy suggestions on improving post-production loss assessment system of grain[J]. Food Problems Research, 2023(3): 4-7.
- [42] 武拉平, 张昆扬. 建立粮食产后前端常态化损失调查制度的思路与方案[J]. 中州学刊, 2023, (6): 58-64.
- WU L P, ZHANG K Y. Ideas and plans for establishing a normal post-production loss investigation system for grain[J]. Zhongzhou Journal, 2023, (6): 58-64.
- [43] 肖湘雄, 郭素芳, 滕俊磊. 数字技术赋能国家粮食安全治理的理论逻辑与优化路径[J]. 现代农业, 2023,48(5): 82-86+90.
- XIAO X X, GUO S F, TENG J L. Theoretical logic and optimization path of national food security governance empowered by digital technology[J]. Modern Agriculture, 2023, 48(5): 82-86+90.
- [44] 孙东霞. 数字技术赋能宣传思想文化工作的现实驱动与路径研究[J]. 信息系统工程, 2024(2): 145-148.
- SUN D X. Research on the realistic drive and path of digital technology enabling propaganda ideological and cultural work [J]. Information Systems Engineering, 2024(2): 145-148.
- [45] 李腾飞. 国外粮食减损治理模式及经验启示[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(5): 208-216.
- LI T F. Foreign food loss management modes and experience enlightenment[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(5): 208-216.
- [46] 刘婷. 粮食全产业链数字化转型升级路径研究[J]. 农业经济, 2023(8): 25-27.
- LIU T. Study on the path of digital transformation and upgrading of the whole grain industry chain[J]. Journal of Agricultural Economics, 2023(8): 25-27.
- [47] 胡静, 钱煜昊. 基于 SWOT 的粮食行业数字化人才培养路径分析[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(16): 231-234.
- HU J, QIAN Y H. Analysis on the cultivation path of digital talents in grain industry based on SWOT[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 52(16): 231-234.
- [48] BENYAM A A, SOMA T, FRASER E. Digital agricultural technologies for food loss and waste prevention and reduction: global trends, adoption opportunities and barriers[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 323.
- [49] ANNOSI M C, BRUNE A F, BIMBO F, et al. Digitalization within food supply chains to prevent food waste. Drivers, barriers and collaboration practices[J]. Industrial Marketing Management, 2021, 93208-220. 完