

# 农业物联网技术在温室大棚中草药种植中的应用研究

范金海, 许冬月\*, 朱自坤, 张洪铭, 王慧莹

红河职业技术学院现代农业学院, 云南 蒙自

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月14日

## 摘要

随着我国对中医药产业的大力支持, 中医药产业得到快速发展, 智慧农业进程的加速, 使得温室大棚中草药种植的精细化、智能化需求日益迫切。传统中草药种植模式因生长环境差异、管理粗放、品质不统一等问题, 难以满足对中草药品质与安全的要求。本文探讨了农业物联网技术的发展现状, 描述了温室大棚中草药种植中的技术框架、关键技术及实施路径, 结合应用案例, 分析了当前面临的挑战, 并对未来发展趋势进行了展望。研究表明, 农业物联网技术通过种植环境的实时感知、环境数据的分析和生产种植的精准控制, 能显著提升中草药产量与质量、降低成本, 是推动中草药产业现代化、可持续发展的关键驱动力。

## 关键词

农业物联网, 中草药, 设施种植, 智慧农业, 精准调控

# Research on the Application of Agricultural Internet of Things Technology in Chinese Herbal Medicine Planting in Greenhouses

Jinhai Fan, Dongyue Xu\*, Zikun Zhu, Hongming Zhang, Huiying Wang

Modern Agriculture College, Honghe Vocational and Technical College, Mengzi Yunnan

Received: March 13, 2026; accepted: April 6, 2026; published: April 14, 2026

## Abstract

**With the vigorous support of the Chinese government for the traditional Chinese medicine (TCM)**

\*通讯作者。

文章引用: 范金海, 许冬月, 朱自坤, 张洪铭, 王慧莹. 农业物联网技术在温室大棚中草药种植中的应用研究[J]. 林业世界, 2026, 15(2): 457-464. DOI: 10.12677/wjf.2026.152056

industry, the industry has achieved rapid development. Meanwhile, the accelerated advancement of smart agriculture has rendered the demand for refined and intelligent cultivation of Chinese herbal medicines in greenhouses increasingly urgent. Traditional cultivation patterns of Chinese herbal medicines are plagued by such problems as variable growth environments, extensive management and inconsistent product quality, which make it difficult to meet the requirements for the quality and safety of Chinese herbal medicines. This paper explores the development status of agricultural Internet of Things (IoT) technology, elaborates on its technical framework, core technologies and implementation paths in the cultivation of Chinese herbal medicines in greenhouses, analyzes the current challenges combined with application cases, and prospects the future development trends. The research results show that agricultural IoT technology can significantly improve the yield and quality of Chinese herbal medicines and reduce production costs through real-time perception of the cultivation environment, analysis of environmental data and precise control of production and cultivation processes. It is thus a pivotal driving force for promoting the modernization and sustainable development of the Chinese herbal medicine industry.

## Keywords

Agricultural Internet of Things, Traditional Chinese Medicine, Protected Cultivation, Smart Agriculture, Precise Regulation

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

中草药作为中华民族的传统瑰宝，是中医药产业的基础。近年来，随着人们对健康生活的高要求，中药材养生的需求持续增长。然而，野生中药材资源日益枯竭，人工种植的药材目前已成为市场的主体。然而，传统的大田种植和粗放式的大棚种植模式严重依赖经验，对湿度、二氧化碳、温度、光照强度、土壤肥力、PH 值等环境因子的调控能力弱，易受自然灾害和病虫害影响，导致产量不稳定、药材品质参差不齐，甚至农药残留和重金属超标等问题频发，严重制约了中医药产业的健康发展[1]。

智能温室大棚可实现作物生长环境的最优控制，使设施农业更加精准高效，转变传统的农业生产方式和农业管理模式，减轻农民劳动压力，降低农业生产成本，提高生产效率，对农业的可持续性发展意义重大，在温室大棚生产中有着十分广阔的应用前景[2]。通过物联网设备精准控制中草药生长环境，为中草药的生长提供了适宜条件，是智慧农业的重要发展方向。物联网技术在中草药种植环节具有很重要的应用价值，通过安装环境控制设备，可以实时的获取温室大棚的温度、湿度、光照、土壤 EC 值、土壤 PH 值、二氧化碳浓度等数据，结合中草药的生长特性，进行有针对性的控制，调整大棚的环境，以此来适应中草药对环境的高要求[3]。

目前，物联网技术在蔬菜大棚种植中应用较为广泛，但在中草药种植领域应用较少。中草药因其种类繁多，生长环境需求多变，种植要求极高。不同中草药需要不同的生长环境，同一中草药在不同生长阶段也需要不同的生长环境。因此，农业物联网技术的使用，可以解决复杂的中草药种植需求，通过智能可控的物联网设备，按需调整大棚环境参数，保障不同中草药，不同生长阶段所需的环境要求。

## 2. 农业物联网应用现状

农业物联网作为智慧农业的核心技术支撑，通过感知层、传输层、平台层与应用层的层级协同，实

现农业生产环境实时感知、数据智能分析与生产过程精准调控,已成为推动温室设施农业现代化、精细化发展的关键驱动力[4]。当前,全球农业物联网技术正处于技术迭代与场景深度融合的阶段,人工智能与物联网的深度耦合更成为精准农业、药用植物设施栽培领域的研究热点,发达国家依托技术积累形成规模化、智能化应用优势,国内则在政策驱动下完成本土化适配与特色场景创新,二者在技术研发与应用落地中形成的成果与问题,为温室大棚中草药精准栽培技术体系构建提供了重要参考[5]。

## 2.1. 国外研究现状

国外农业物联网与人工智能技术研究起步早、体系成熟,在精准农业领域的应用呈现集成化、智能化、标准化特征[6]。美国在精准农业领域利用遥感、卫星定位、地理信息管理系统等技术,实现对土壤环境、病虫害防治、植物生理等信息的检测及分析,同时大力发展智能农机,提高生产效率;荷兰凭借领先的设施农业体系与成熟的温室栽培技术跻身全球前列,依托高度智能化的温室环境调控体系,可对棚内温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度等关键生长指标进行精细化调控,从而为农作物营造出最适宜的生长环境,保障作物优质高产。澳大利亚依托广袤的土地禀赋与前沿的信息技术支撑,大力推进规模化智能牧场管控体系建设,实现了畜牧养殖全流程的精细化、精准化运维管理,大幅提升养殖效率与管控水平[7]。在药用植物栽培领域,日本将智能温室物联网技术与 LSTM 预测模型结合,实现人参生长周期内有效成分积累规律的精准预判;韩国则基于 CNN 图像识别技术构建高丽参病虫害实时监测系统,识别准确率达 93%以上。但整体来看,国外相关研究多聚焦少数名贵药用植物,且技术体系依赖大量历史数据与规模化种植场景,对中草药这类种类繁多、生长需求差异化显著的作物适配性不足。

## 2.2. 国内研究现状

国内农业物联网与人工智能技术在政策驱动下实现快速发展,在精准农业与药用植物设施栽培领域呈现政策驱动、成本优化、场景细分的发展特点。在精准农业领域,国产物联网传感器实现高度国产化,精度已接近国际先进水平且成本大幅降低,为技术普及奠定了硬件基础;刘元刚等人设计研究了智慧大棚监控系统,实时动态的监测并智能调控大棚中的环境[8]。在药用植物栽培领域,国内研究聚焦道地药材主产区,形成了针对性的技术研发思路:张博等通过 RFID 技术对道地药材的质量追溯进行了研究,为道地药材的规范有序流通提供理论依据[9];杨浩雄等通过物联网进行中药材生长数据的实时采集,构建了中药材大数据平台,解决了中药材行业信息采集困难及不匹配的问题[10];李晓艳开发的基于物联网传感器采集中药材生长环境数据,通过云计算技术部署了中药材全产业链质量溯源系统,提供了中药材质量安全的方案,促进中药材行业发展[11]。物联网技术的发展,促进中药材产业标准化、规模化、品牌化发展,常德市借助种植环境精准监测、种植环节智能干预等技术手段,对中药材全周期种植的各关键节点信息进行高效追溯与留存,进而推动中药材种植流程朝着规范化、标准化方向稳步发展[12]。此外,多源数据融合平台的研发与应用,进一步提升了药用植物栽培中物联网与人工智能技术的协同应用效果,推动国内药用植物设施栽培向精细化、智能化方向发展。

通过对近年来国内外相关研究的系统性回顾,发现当前农业物联网与人工智能在精准农业、药用植物栽培领域的研究仍存在诸多问题:一是区域适配性不足,现有技术体系多基于平原、温带气候区研发,针对西南高原、西北干旱等特色气候区的本土化适配研究较少,难以满足道地中草药的种植需求;二是技术针对性不强,多数农业物联网系统为果蔬、粮食作物设计,未充分考虑中草药药用成分积累与环境因子的耦合关系,缺乏专属调控策略;三是技术闭环性不完善,部分研究仅实现环境监测或单一因子调控,未形成“感知-分析-决策-控制”的全流程闭环,技术成果转化效率低。

基于上述问题,本文以温室大棚中草药种植为研究对象,旨在构建适配中草药生长特性与道地产区

气候特征的农业物联网技术体系,拟解决三大关键问题:其一,设计贴合中草药种植需求的物联网四层架构,优化传感器部署与通信模式,提升技术的区域适配性与针对性;其二,构建融合中草药生长特性的智能调控模型,解决小样本场景下人工智能模型的泛化性问题;其三,形成环境因子、水肥供给与药用成分积累协同调控的全流程技术闭环,实现中草药产量与品质的双重提升。

### 3. 中草药种植的环境需求与物联网技术的适配性

#### 3.1. 中草药生长对环境因子的要求

中草药的生长环境影响到其品质高低和药用成分的多少,对中草药生长环境因子的控制,是中草药种植的重中之重。研究表明,通过对光、温、水、肥、气等环境因子进行精准控制,能显著促进药用植物特定活性成分的合成与积累,提高中药材种植管理的水平[13]。

#### 3.2. 物联网技术的解决路径

中草药因其特殊的生长环境要求,传统的种植方式很难满足,依靠传统的经验种植无法做到种植的精细化、标准化,农业物联网技术因其数据实时感知、分析、控制的特性,可以动态调整大棚环境,完美解决中草药种植环境的调控问题。

通过在大棚中安装各类传感器,提前设置中草药所需的环境参数,结合采集的大棚各类数据,进行数据匹配,如果此时环境超出设置的范围,可以控制农业物联网设备进行大棚的环境调控,如通过开启关闭遮阳网,可以提高或降低大棚的光照强度[14];夏季温度较高时,可以通过补水设备,降低大棚内部问题,同时增加大棚的环境湿度[15];通过开启补光灯设备,可以补充中草药所需的光照,促进中草药的生长。这些工作可以通过智能控制设备进行自动控制,也可以进行远程人工控制。这样就可以建立一个“感知-分析-决策-控制”的中草药种植控制系统,让中草药生长在适宜的环境中。智慧温室大棚的环境监测系统能够借助传感器对大棚内的多种环境参数进行监测,温度可精确到 $0.1^{\circ}\text{C}$ ,湿度精度达 $\pm 3\%$  RH,光照强度能精确到 $1\text{lx}$ ,为满足作物生长需求,利用自动调节设备,如遮阳网、通风窗、加湿器等维持最佳生长环境。

### 4. 智能温室大棚中草药物联网系统的架构设计

智能温室中草药物联网系统采用分层架构设计,核心架构可分为感知层、传输层、平台层和应用层,这与智慧农业物联网的通用分层模型(感知-网络-处理-应用)相一致,该模型已被证明能有效整合异构设备数据并支持上层智能应用。

#### 4.1. 感知层

感知层就是通过安装各类物联网传感器,实时感知大棚的温、光、水、气、肥等方面数据,如温度、湿度传感器、光照强度传感器、二氧化碳传感器,监测温室大棚中的环境数据;土壤温湿度传感器、土壤 pH 值传感器、土壤 EC 值传感器等,用于监测土壤的环境[16];安装高清摄像头,实时监测识别病虫害和中草药生长情况;安装孢子捕捉仪,用于监测病害孢子;安装虫情测报灯,诱捕和分析大棚中的害虫。建立从微观到宏观的智能感知系统。

#### 4.2. 网络层

网络层就是将智能大棚中传感器采集的数据,通过 4G、WIFI 等网络进行数据传输,网络层负责搭建数据传输通道,将采集的数据持续的传输到服务器进行存储分析[16]。结合中草药数据传输要求通信距离短、功耗低、使用方便、布局灵活、覆盖面积大,在大棚区域,各类传感器节点之间采用 ZigBee 无线

传输技术, 利用其低功耗、自组网的特点。在与服务器进行互联网连接时, 通过双绞线或光纤实现高速稳定连接, 实现数据的远程、稳定传输。

### 4.3. 平台层

平台层就是智慧温室大棚的管理核心, 负责接收各类数据的存储、处理、分析, 为中草药的种植智能决策提供数据支撑。通过云计算及大数据技术, 将大量中草药的种植数据进行分析对比, 找到中草药的最优种植方案, 形成中草药种植模型, 优化中草药种植管理模式。

### 4.4. 应用层

应用层是通过提供小程序、APP、管理后台等管理平台, 让用户可以及时获取温室大棚的实时数据, 也可以通过应用平台进行远程控制物联网设备, 及时调整温室大棚的环境参数(图 1)。

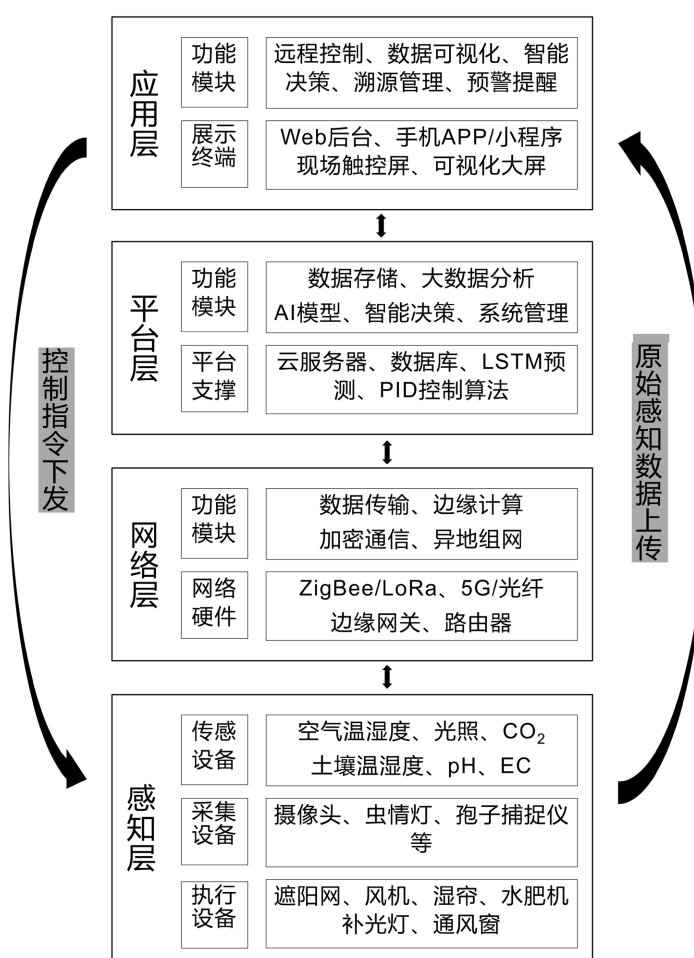


Figure 1. IoT system architecture for Chinese herbal medicine cultivation  
图 1. 中草药物联网系统架构

## 5. 核心应用系统与关键技术实现

### 5.1. 环境智能决策系统

该系统是温室大棚中草药种植的基础, 目标是维持中草药生长所需的最佳环境, 通过传感器技术,

实现中草药生长环境的实时采集,通过 Zigbee、Wi-Fi 等网络传输数据,实现中草药种植环境参数的精准调控[17]。根据所种植的中草药不同阶段生长特性,设置对应的温度、湿度、光照、二氧化碳浓度、土壤肥力等参数,智能控制遮阳网、风机、湿帘、二氧化碳施肥设备的开启及关闭,将大棚的环境控制在中草药生长的最优环境中,提高中草药的品质及产量。

## 5.2. 水肥一体化智能灌溉系统

水肥一体化技术具备精准供给、定时管控、动态施用的核心优势,可有效破解中草药栽培环节农药化肥滥用、超量施用的行业痛点。结合我国国情来看,超半数区域的中草药种植依赖自然降水供给,无法适配中药材不同生长阶段对水分、养分的差异化需求;加之中药材属于特殊经济作物,对生长环境、栽培管控模式的精细化要求远高于普通农作物,这也为水肥一体化技术在中草药种植领域的示范应用与规模化推广奠定了适配基础[18]。通过各类传感器的数据监测,实时调整灌溉策略,比如根据湿度传感器数据和光照强度传感器,动态的调整灌溉时间和灌溉量;根据土壤 EC 值传感器数据和中草药不同生长期对肥力的需求,动态调整施肥机的营养液,实现精准施肥(图 2)。

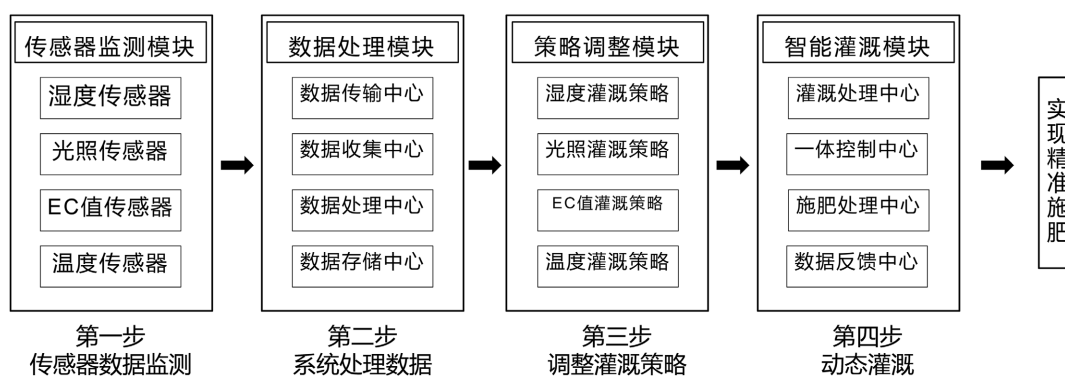


Figure 2. Flowchart of the water-fertilizer integration system

图 2. 水肥一体化系统工作流程图

## 5.3. 病虫害智能监测与预警系统

中草药种植环节的病虫害防控工作,主要依托物联网设备搭建的病虫害监测预警体系实现自动化管控[19]。通过高清摄像头进行实时的视频监控,采集中草药叶片、茎部的病变图像,利用深度学习模型(如 YOLO、CNN)进行实时分析,识别常见的病虫害斑点和症状,准确率可达 90% 以上。通过虫情测报系统、孢子捕捉仪的数据分析,实时获取大棚的病虫害数据,做到实时感知、提前预警、及时防治,建立完善的病虫害防治体系。

## 5.4. 中草药产地追溯系统

在传统的中草药的种植过程中,生产过程数据没有系统进行采集及记录,消费者无法直观了解到购买的中草药相关信息,导致消费者对中草药的安全性及品质产生质疑。中草药产地追溯系统通过 RFID 技术可以将中草药种植的整个种植过程进行数据记录,包括农户信息、种植时间、生长环境数据、病虫害数据、施肥、加工、储存、运输及销售等进行记录,形成一个完整的中草药产地追溯数据资源库[20]。将这些数据开放给用户进行访问,即可获取到相关中草药的种植数据,提供用户的信任度。通过 RFID 系统对中草药种植、生产、入库、出库等信息的采集,可以把中草药生产信息数据进行系统管理,保存到管理系统的后台,以便管理人员和消费者进行信息查询,从而实现中草药生产信息的高效有序管理。RFID

系统的技术实现分为三步,首先是启用 RFID 阅读器,由阅读器在对应范围内发送射频能量形成电磁场;其次在对应范围内的 RFID 标签被触发,对其射频信号进行连接,接受、反射电磁信号;最后可根据阅读器的命令更改标签中存储的信息,也可发送标签中存储的信息,通过接口实现与物理网的网络层的通信。管理系统可以将系统中存储的数据进行自编码,并生产中草药的溯源二维码,消费者即可通过 APP 或小程序扫码获取管理系统中存储的数据,提高中草药生产过程的透明度,增强消费者的信任度。

## 6. 应用成效、挑战与未来展望

### 6.1. 应用成效分析

物联网技术在智能温室大棚中草药种植中的应用已取得显著成效,精准的环境控制为药材生长创造了最佳条件,产量普遍提高 20%~30%。同时,适宜的环境有助于药用成分的积累,通过物联网系统的应用,基地实现了对根茎类药材生长环境的全天候精准调控。丹参的丹参酮 IIA 含量提高了 19.2%,这一提升与精准光温控制促进次生代谢的理论预期相符。同时,系统通过智能水肥管理节水 35%以上,与同类物联网决策系统报告的节水效率(约 40%)相当。通过中药材的精细化种植与标准化管理,改变了传统依赖经验的粗放种植模式,使中草药种植过程可量化、可复制、可追溯,为推行《中药材生产质量管理规范》提供了技术支撑。

### 6.2. 面临的主要挑战

尽管前景广阔,但该技术的广泛应用仍面临一些挑战:

1. 投入成本高:目前智能温室大棚的物联网设备集成度不高,各类设备需要单独采购,包括各类传感器、温室控制系统、管理软件等成本较高[21]。
2. 数据独立性强:目前的温室大棚多为单位自建,大棚环境数据高度依赖产家出产接口,数据标准不统一,无法进行数据互联互通,独立性强[21]。
3. 智慧农业人才少:智慧农业是新型的发展方向,同时具有农业知识及智能化设施设备技术的复合型人才少,目前相关专业人才较为紧缺。
4. 智能农机较少:由于中草药种植规模较小,区域较分散,西南地区以山地为主,针对中药草大规模智能机械作业设备较少,研发成本高[22]。

### 6.3. 发展趋势

未来,智能温室中草药物联网技术将朝着更集成、更智能的方向发展:

1. 性能更优,成本更低:随着技术的发展,高度集成的农业物联网设备将成为发展方向,低功耗、高精度、多维数据集成性能将得到极大提升。通过工业化规模化生产,农业物联网设备的成本将持续降低,助力智慧农业的发展。
2. 数据共享,优化模型:随着大数据、云计算技术的持续发展,多设备、多基地的数据共享将成为可能,通过细分领域的大数据分析,将为中草药的智慧种植提供更优的种植模型,为中草药的标准生产提供数据支撑。
3. AI 助力,振兴农业:随着 AI 技术的发展,针对中草药领域的智能体将越来越智慧,为中草药的全产业链发展提供技术指导,为农业的振兴提供助力。
4. 设备研发,数字生产:立足道地药材自身的产量潜力与品质特性,选育适配机械化耕种、采收作业的本土优良种质资源。打造专业化中药材种苗繁育基地,推动中药材种植向机械化、数字化、标准化生产模式转型[22]。

## 7. 结论

农业物联网技术的发展,为智慧农业的高质量发展提供了技术保障,通过物联网设备的使用,能够全方位地感知及调控智慧大棚的环境数据,始终将大棚的环境保持在中草药所需的最优生长范围内,提高中草药种植的自动化、信息化、数字化、智能化水平[23]。

目前农业物联网设备还存在成本高、维护难、人才少等问题,但随着技术的发展及工业化的高度集成,未来物联网设备的成本将逐渐降低,大规模设施农业的发展将成为智慧农业的重要支撑。同时也将为中草药的可持续、健康良性发展奠定硬件基础,为中草药质量安全、中医药产业发展、乡村振兴提供动力。

## 参考文献

- [1] 张新,陈兰生,赵俊.基于物联网技术的智慧农业大棚设计与应用[J].中国农机化学报,2015,36(5):90-95.
- [2] 李芳.计算机技术在智慧农业中的应用研究[J].农业科技与信息,2024(6):68-72.
- [3] 舒娟,罗细芽,吴爱文.大数据背景下智能农机应用分析[J].南方农机,2017,48(23):21+25.
- [4] 葛礼姣,程玉静,仇亮,等.农业物联网技术在温室大棚生产中的应用进展[J].浙江农业科学,2024,65(1):242-248.
- [5] 王丽,傅延富.智慧农业技术在设施蔬菜中的研究进展[J].优质农产品,2025(7):53-55.
- [6] 郭婷,罗瑞,任妮,等.国际视角下我国智慧农业科技创新发展的启示[J].江苏农业科学,2024,52(20):1-10.
- [7] 汪新宇,甘信斌,秦佳婷,等.智慧农业发展现状及关键技术应用研究[J].中国农业文摘-农业工程,2026,38(1):41-45.
- [8] 刘元刚,熊刚,胡启迪,等.基于物联网技术智慧农业大棚监控系统研究与设计[J].河北农业,2023(10):76-77.
- [9] 张博,南淑萍,孟利军.RFID技术在道地中药材质量溯源中的应用研究[J].长沙大学学报,2015,29(2):64-66.
- [10] 杨浩雄,李子硕,孙祎琪.基于数据采集的中药材大数据平台构建[J].中国中医药信息杂志,2020,27(8):23-26.
- [11] 李晓艳.基于物联网技术的中药材全产业链质量追溯体系构建[J].长春理工大学学报(社会科学版),2025,38(2):107-111.
- [12] 任旻琼,陈建国,王虹,等.物联网技术服务常德市中药材种植产业探讨[J].农业科技通讯,2022(2):53-56.
- [13] 盛魁,马健,徐宏.基于物联网的中药材生长环境信息采集系统研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2018,36(6):891-894.
- [14] 王生.物联网背景下智慧温室大棚蔬菜种植技术[J].农业工程技术,2024,44(15):74-75.
- [15] 赵兵,王瑞铃.物联网背景下智慧温室大棚蔬菜种植技术[J].新农业,2024(4):16.
- [16] 袁凤裕.物联网发展趋势下智慧农业节水灌溉运用探析[J].农业开发与装备,2025(1):66-68.
- [17] 陈可,马飘,张延发,等.江苏省农业物联网技术发展现状分析及对策建议[J].江苏农机化,2025(5):24-27.
- [18] 张乃晏,宁荣彬,李俊萍,等.水肥一体化技术在中草药栽培中的应用前景分析[J].农业展望,2020,16(4):111-114.
- [19] 任旻琼,殷华璨,陈建国.物联网技术与中药材种植融合方案研究——以酸橙为例[J].现代农业,2022(2):29-31.
- [20] 施明毅,赵姝婷,杨超,等.中药材种植溯源系统开发[J].世界科学技术-中医药现代化,2018,20(9):1540-1546.
- [21] 赵小忠.现代科技在中药材种植中的应用与探索研究[J].农业科技创新,2025(3):15-17.
- [22] 陈书梅,高凌宇,黄蕾.亳州市中药材产业互联网发展现状及建议[J].农业工程,2022,12(8):36-38.
- [23] 于超凡,常雅惠,汪憬,等.中药种植现状与发展新思路[J].中医药管理杂志,2021,29(17):211-213.