

智慧农业技术在现代设施园艺生产中的应用与发展前景

李 琛

河北科技师范学院 河北 秦皇岛 066000

【摘 要】：设施园艺作为现代农业高效集约的核心模式，依托可控环境保障蔬菜瓜果稳产供给，但当前大量中小型种植基地仍存在环境调控滞后、水肥粗放、病虫害被动防控、人力成本高及品质参差等痛点。随着物联网、大数据、AI、自动控制及节水灌溉等智慧农业技术的迭代，智能化手段正深度融入温室监测、智能调控、精准水肥、病虫害预警及数字化溯源等全链条管理，有效弥补传统粗放短板，推动设施园艺从经验依赖向数据化、标准化、智能化转型。本文系统梳理智慧农业技术体系的核心构成，深入分析各类智慧技术在设施园艺环境调控、水肥管理、病虫害防控、数字化管理等场景的具体应用，客观剖析当前智慧设施园艺推广应用中存在的成本、技术、人才、运维等现实问题，并结合现代农业发展趋势，全面展望智慧设施园艺的未来发展方向，以期对设施园艺产业高质量、绿色化、智能化发展提供理论参考与实践依据。

【关键词】：智慧农业；设施园艺；物联网；精准水肥；智能管控

DOI:10.12417/2705-1358.26.14.002

1 引言

在国家乡村振兴战略与农业现代化建设的双重推动下，我国农业生产模式正发生结构性变革，传统粗放型农业逐步向高效、优质、绿色、智能的现代化农业转型。设施园艺作为现代农业高附加值产业，具有生产周期短、复种指数高、经济效益优、受自然气候干扰小的显著优势，已经成为城郊农业、特色农业、高效农业的主要发展方向。

我国地域辽阔，南北气候差异显著，露天果蔬生产存在明显的季节性、区域性短板，而设施园艺通过人工构建封闭栽培空间，可有效规避暴雨、霜冻、高温、寒潮、冰雹等极端天气灾害影响，实现果蔬、花卉、中药材等园艺作物周年连续生产，极大丰富了城乡农产品供给品类，稳定了农副产品市场价格。

但长期以来，国内多数设施园艺生产基地仍依赖种植户传统经验开展管理工作，温室内温度、湿度、光照、二氧化碳浓度、土壤湿度等关键生长环境参数依靠人工定时巡查、手动调控通风、遮阳、浇水、施肥设备。人工管理模式主观性强、时效性差、精度不足，无法匹配作物不同生育阶段的精细化生长需求，极易造成作物徒长、落花落果、病虫害大面积爆发、产量降低、品质下降等问题。同时传统大水大肥的粗放种植模式，不仅造成水资源、化肥资源严重浪费，还易引发土壤板结、次生盐渍化、土壤微生物失衡、农业面源污染等生态问题，制约设施园艺产业的可持续发展。

智慧农业是以信息技术为核心，融合传感技术、网络传输、智能控制、大数据分析、人工智能的新型农业生产体系，构建“感知—传输—分析—决策—执行—溯源”的闭环智能管控系统。将智慧农业技术全面应用于设施园艺生产，能够实现温室环境实时监测、参数自动优化、水肥按需供给、病害提前预警、

生产全程记录，彻底摆脱人工经验束缚，实现标准化、精细化、集约化、绿色化生产。

当前，国内大型现代农业产业园、示范基地已基本实现智能化改造，但基层中小型种植户、散户智能化普及率偏低，技术落地不均衡、应用不充分、体系不完善的问题突出。因此，深入研究智慧农业技术在现代设施园艺中的应用价值、现存短板与发展趋势，对推动整个园艺产业转型升级、降低生产成本、提升产品品质、助力农业增效农民增收具有重要的现实意义与工程应用价值。

2 智慧农业核心技术体系构成

智慧设施园艺的智能化运行依托完整的技术体系支撑，整体可划分为环境感知层、网络传输层、智能决策层、设备执行层、数据溯源层五大核心模块，各模块协同运行，构成全自动、智能化的温室生产管控系统。

2.1 环境感知层

感知层是智慧农业系统的数据来源，也是智能化管控的基础。通过在温室空间、栽培基质、灌溉系统中布设各类高精度传感器，全天候、不间断采集生产环境数据。主要设备包括空气温湿度传感器、土壤温湿度传感器、光照强度传感器、二氧化碳浓度传感器、土壤 EC 值传感器、土壤 pH 值传感器、营养液溶氧传感器、叶面温湿度传感器等。各类传感器实时捕捉温室微环境变化，精准反馈作物生长环境状态，为后续智能调控提供真实、有效、实时的数据支撑。

2.2 网络传输层

传输层承担数据传输与指令输送功能，现阶段设施园艺主要采用 4G/5G 无线传输、LoRa 物联网窄带传输、WiFi 局域网

传输等多种传输方式。物联网传输网络稳定性强、延迟低、覆盖范围广,可实现多栋温室数据集中上传、远距离监控,有效解决传统有线布线施工复杂、维护困难、扩展性差的问题,适配规模化园艺园区集中管控需求。

2.3 智能决策层

决策层为整个系统的核心大脑,依托云端大数据平台、本地智能控制器、作物生长模型算法实现智能分析。系统内置不同蔬菜、花卉、瓜果的标准化生长参数模型,结合实时采集的环境数据,自动对比最优生长阈值,智能判断当前环境缺陷,自动生成通风、降温、增温、补光、灌溉、施肥、除湿等调控方案,替代人工经验判断,实现科学决策。

2.4 设备执行层

执行层是智能化调控的终端载体,接收平台指令后自动完成设备启停与参数调节。主要包含湿帘风机降温系统、内遮阳外遮阳系统、侧窗顶窗通风系统、热风加温系统、植物补光系统、水肥一体化灌溉系统、高压喷雾加湿系统、臭氧杀菌系统、物理杀虫设备等,实现温室环境全自动、无人化调控。

2.5 数据溯源层

数据溯源层长期储存所有生产数据,包括环境参数、水肥用量、设备运行记录、农事操作记录、病虫害记录、采收数据等,形成完整的生产档案,既可以用于后期数据分析优化种植方案,也可用于农产品质量溯源,助力品牌化建设。

3 智慧农业技术在现代设施园艺中的具体应用

3.1 温室微环境智能精准调控

园艺作物苗期、生长期、开花期、结果期对温度、湿度、光照、CO₂浓度的耐受范围与最优生长参数差异极大,传统人工调控无法实现动态匹配。智慧智能管控系统可根据作物生育阶段,自动设定分段式环境参数阈值,实现全天候动态调控。

在夏季高温强光环境下,系统检测温室温度超标、光照过强时,自动开启外遮阳网遮挡强光,启动湿帘风机负压通风快速降温,同时开启喷雾加湿设备调节空气湿度,避免作物高温灼伤、叶片失水、花果脱落。冬季低温时段,系统自动关闭通风设备、闭合保温被,启动加温设备,保障温室夜间温度稳定,避免低温冻害。阴雨寡照天气自动开启植物补光灯,延长作物光合时长,提升光合效率。

同时,系统可精准调控二氧化碳浓度,在白天光合作用旺盛时段适当补碳,提升作物光合积累,促进增产提质;夜间适当降低湿度,抑制霉菌滋生,大幅降低霜霉病、灰霉病、白粉病等高湿型病害发病率,从环境源头实现病害预防。

3.2 水肥一体化智能精准灌溉施肥

水肥管理是设施园艺提质增效的关键环节,也是传统种植资源浪费最严重的环节。传统漫灌、人工冲肥方式水肥利用率极低,不仅浪费水资源与肥料,还易造成基质积水沤根、肥料堆积盐渍化、作物徒长、品质下降等问题。

智慧水肥一体化系统依托土壤墒情、基质 EC、pH 实时数据,结合作物需水需肥规律,自动配比营养液浓度、酸碱度,精准控制灌溉时间、灌溉水量、施肥量。系统采用滴灌、微喷灌、根区微灌等精准输送方式,将水肥直接送达作物根系吸收区域,实现“缺多少、补多少”的按需供给。

精准水肥技术可使水资源利用率提升 50%以上,肥料利用率由传统 30%~40%提升至 70%~85%,在有效节约生产成本的同时,避免过量施肥造成的土壤盐渍化与环境污染。同时稳定的水肥供给能够保证作物长势均匀、果形整齐、色泽均匀,显著提升果蔬商品率与精品率。在无土栽培、基质栽培、水培等高端设施园艺模式中,智能水肥系统更是保障稳产优质的核心设备。

3.3 病虫害智能监测与绿色防控

设施温室密闭高湿的特殊环境,极易诱发真菌、细菌性病害及粉虱、蚜虫、蓟马等虫害,传统人工巡查存在发现滞后、漏检误检、防治被动等问题,病害爆发后只能依赖大量喷施农药控制灾情,造成农残超标、品质下降、生态破坏。

智慧园艺系统依托机器视觉、高清智能摄像头、虫情测报灯、孢子捕捉仪等智能设备,全天候监测植株叶片、茎秆、花果生长状态,通过 AI 图像识别技术自动识别早期病虫害隐患,在肉眼难以察觉的发病初期及时预警。系统联动物理防控设备,通过杀虫灯、粘虫板、臭氧杀菌、紫外线消杀、风口防虫网联动管控,优先采用绿色物理防控手段抑制病虫害繁殖,大幅减少化学农药使用频次与用量。

智能绿色防控模式不仅降低了病虫害爆发风险,还能有效保障农产品绿色、无公害品质,契合当前消费者安全饮食需求,显著提升设施园艺产品市场竞争力。

4 当前智慧农业在设施园艺应用中存在的问题

4.1 初期建设成本偏高,普及难度大

智慧温室整套系统包含各类传感器、控制器、水肥设备、监控设备、云端平台,一次性投入较高,对于小规模种植户、散户、农村中小型基地而言,资金压力较大。目前智能化设施大多集中在政府示范园区、大型龙头企业基地,普通农户改造意愿弱、改造能力不足,行业整体普及率不均衡、整体智能化水平偏低。

4.2 技术适配性不足，通用化严重

现阶段多数智慧农业设备与控制系统为通用型设计，未结合不同地区气候、不同作物品种、不同栽培模式进行定制化优化。系统内置的生长模型通用性强、针对性弱，无法完全适配本地特色果蔬、花卉的精细化生长需求，导致部分园区智能化设备“装而不用、用而不精”，难以充分发挥智能化优势。

4.3 基层专业技术人才匮乏

智慧设施园艺融合农业种植、信息技术、自动控制、大数据多学科知识，对操作人员专业能力要求较高。但当前基层种植人员普遍年龄偏大、信息化基础薄弱，缺乏系统的智能化设备操作、调试、数据分析能力，面对设备轻微故障、参数偏差无法及时调整，导致智能系统运行效果大打折扣，制约技术落地应用。

5 智慧农业技术在设施园艺中的发展前景

5.1 低成本智能设备全面普及，普惠化趋势显著

未来随着农业智能化装备产业化、规模化生产，设备制造成本将持续下降，简易化、模块化、经济型智能设备将大量推向市场，适配中小型农户改造需求。同时国家农业智能化补贴、乡村产业扶持政策持续落地，普通日光温室、常规塑料大棚将逐步完成简易智能化升级，智慧农业技术将从高端示范转向全民普及，全面提升行业整体智能化水平。

5.2 人工智能深度赋能，实现无人化自主种植

未来 AI 人工智能、深度学习技术将与设施园艺深度融合，系统将摆脱人工预设参数模式，通过持续学习作物生长状态、环境变化规律、产量品质数据，自主优化种植方案，实现温室环境、水肥、防控全流程自主决策、无人化运行。机器视觉技

术可精准识别作物长势强弱、营养盈亏、病虫害等级，实现真正意义上的精细化智慧种植，推动设施园艺向无人植物工厂方向发展。

5.3 全产业链数字化溯源，助力品牌化发展

智慧温室完整的生产数据可生成农产品唯一溯源二维码，消费者可实时查看作物生长全过程数据，实现生产透明化、安全可视化。依托数字化溯源体系，设施园艺精品果蔬、花卉可打造区域特色农产品品牌，提升产品附加值，构建“智能生产+品质保障+品牌营销”的全产业链发展模式，大幅提升产业经济效益。

6 结论

设施园艺是我国现代农业体系中经济效益最高、发展潜力最大的支柱产业，传统人工经验管理模式已无法适配现代化农业高质量发展需求。智慧农业技术凭借精准感知、智能分析、自动调控、数据溯源的技术优势，有效解决了传统设施园艺生产效率低、资源浪费大、病害多发、品质不稳、人工成本高等突出问题，能够显著提升设施园艺生产标准化、精细化、集约化水平。

当前智慧设施园艺产业仍存在建设成本偏高、技术适配性不足、基层人才短缺、运维体系不完善、行业标准不健全等现实问题，但随着农业科技持续创新、设备成本持续降低、扶持政策不断完善、人才队伍逐步建设，各类短板将逐步补齐。

未来，智慧农业将全面渗透设施园艺生产全链条，朝着低成本普惠、AI 自主管控、无人化生产、绿色循环、品牌溯源、集约规模化方向快速发展，持续推动我国设施园艺产业转型升级，助力农业增效、农民增收、乡村振兴，为我国现代农业高质量、可持续发展提供强大技术支撑与产业动力。

参考文献:

- [1] 农业农村部.数字农业农村发展规划(2021—2025)[Z].2021.
- [2] 张丽丽.物联网技术在现代设施园艺中的应用研究[J].现代农业科技,2024(8):132-135.
- [3] 王浩宇.智慧水肥一体化技术在设施蔬菜栽培中的应用进展[J].中国园艺文摘.2025.31(2):67-69.
- [4] 李萌.我国设施园艺智能化发展现状与趋势分析[J].农业工程技术.2024(24):22-25.
- [5] 陈阳.智慧农业赋能设施园艺高质量发展路径研究[J].农村经济与科技.2024,35(10):112-114.
- [6] 刘鑫.设施温室智能环境调控技术应用与优化[J].农业与技术.2023.43(18):98-100.