

# 人工智能在园艺领域的应用现状与未来展望

李芊谕, 韩洪波, 刘 珊

(攀枝花学院生物与化学工程学院(农学院), 四川攀枝花 617000)

**[摘要]**人工智能(AI)技术正在深刻重塑园艺产业的各个环节。本文基于近年来发表在《农业工程学报》《农业机械学报》《智慧农业》等中文核心期刊上的数十篇学术文献,从机器视觉与病虫害检测、果实品质无损检测与分级、智能温室环境调控、园艺机器人、无人机遥感、物联网与大数据、知识图谱与大语言模型、AI育种八个方面系统梳理了AI在园艺领域的研究进展与关键成果,分析了当前面临的五大核心挑战和六大未来发展趋势。文献调研表明,AI在园艺领域的应用已走过单点技术突破阶段,正进入系统集成与产业落地的关键转折期。

**[关键词]**人工智能;园艺;深度学习;智慧农业;机器视觉

**[作者简介]**李芊谕,女,四川成都人,本科在读,研究方向:作物品种识别。韩洪波,男,四川攀枝花人,讲师,硕士,研究方向:作物品种识别。刘珊,女,四川雅安人,教授,博士,研究方向:分子生物学。

**[基金项目]**本文系“融合深度学习的pH比色传感器系统数字教学资源开发与应用研究”(项目编号:2025LXKTPS357);生化学院生物园艺实践教学示范基地(项目编号:2024025300171)。

**[DOI]** <https://doi.org/10.62662/kjxk0202007>

**[中图分类号]** S6

**[本刊网址]** [www.oacj.net](http://www.oacj.net)

**[投稿邮箱]** [kjxk999@163.com](mailto:kjxk999@163.com)

## 引言

园艺产业涵盖蔬菜、花卉、果树及观赏植物等多个亚领域,是农业经济的重要支柱。然而,园艺作物种类繁多、生长环境复杂、生产环节精细化程度高,传统生产模式对人工经验的依赖度极高。随着人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的快速发展,特别是深度学习、计算机视觉、自然语言处理、智能机器人等分支技术的突破,园艺产业正经历从“经验驱动”向“数据驱动”的深刻转型。

赵春江在《华南农业大学学报》的综述中指出,我国所有现代玻璃温室和约40%的日光温室已采用环境监测与水肥一体化技术,设施园艺正成为智慧农业技术落地最为成熟的领域之一。路鹏等人对2002—2022年Web of Science收录的智慧设施园艺文献进行计量分析,结果表明该领域文献达781篇且近年发文量呈指数增长,计算机视觉已成为最活跃的前沿热点。

本文基于近年来发表在《农业工程学报》《农业机械学报》《智慧农业》等中文核心期刊上的38篇学术文献,从病虫害检测、品质分级、温室调控、采摘机器人、无人机遥感、物联网与大数据、知识图谱与大语言模型、AI育种八个方面,系统梳理了AI在

园艺领域的研究进展,并分析当前挑战与未来趋势。

## 一、机器视觉与病虫害智能识别

病虫害识别是AI在园艺领域应用最为成熟的方向。翟肇裕等人系统梳理了深度学习在农作物病虫害识别中的关键技术链,包括数据获取、预处理、数据增强、深度网络优化和可解释性分析。邵明月等人进一步聚焦植物叶部病害,收集并评价了多个公开病害图像数据集。在园艺作物的具体应用中,龙满生等人基于CNN与迁移学习实现了油茶病害图像识别;彭红星等人采用轻量级ShuffleNetV2模型实现了荔枝病虫害的高效识别;樊湘鹏等人提出了基于迁移学习和改进CNN的葡萄叶部病害检测系统;兰玉彬等人运用改进YOLOv5s解决了自然场景下生姜叶片病虫害识别难题。慕君林等人从分类网络、检测网络和分割网络三个维度综述了2015—2023年的研究进展。管博伦等人强调高质量标注数据集的匮乏是当前核心瓶颈。

## 二、果实品质无损检测与精准分级

果实品质检测与分级是深度学习在园艺商品化环节的核心应用场景。蒋雪松等人系统梳理了CNN等模型在林果安全品质、外部品质和内部品质无损检测中的最新进展。田有文等人从水果外部

品质、内部品质、安全品质和分级分类四个维度综述了研究成果。黄昊等人以苹果产业链为主线,综述了深度学习在苹果病害识别、果实检测以及颜色、大小、糖度等品质指标无损分级中的应用。樊书祥等人开发了基于可见—近红外光谱结合 PLS 算法的手持式水果糖度检测装置。韩亚芬等人综述了可见—近红外光谱技术在果蔬品质无损检测中的建模方法。当前技术趋势正从单一模态向多模态融合演进。

### 三、智能温室环境调控

温室环境调控是 AI 在设施园艺中最具系统性的应用方向。胡瑾等人全面梳理了模糊控制、解耦控制、人工智能控制和表型控制等方法,总结了控光、控温、控气、通风、灌溉及“云—边—端”协同控制系统的优劣。毛罕平等更早地从经典控制、智能算法、多目标优化、多因子耦合和基于作物生长信息的五个维度进行了系统综述。张观山等人构建的 LSTM-AT 温室温度预测模型在 12 至 48 小时预测中均实现了 0.95 以上的决定系数。祖林禄等人提出的 SSA-LSTM 模型对日光温室六种环境参数的平均拟合指数达 97.6%。耿闻轩等人的实证研究表明,在温室草莓生产中, AI 种植策略相比传统策略平均产量提高 1.66 倍、产值提高 1.82 倍。未来趋势正从基于环境参数的调控向基于作物表型反馈的闭环调控转型。

### 四、园艺采摘机器人与自动化作业

农业机器人在园艺中的应用聚焦于采摘、嫁接和修剪三大场景。赵春江等人全面阐述了农业机械机器人的概念特征与全球战略布局。陈青等人聚焦苹果采摘机器人,深入分析了复杂环境下果实识别和末端执行器分离技术。夏先飞等人提出了构建农业专用“感知—决策—控制”一体化技术体系的战略方向。张凯良等人综述了中国、日本、荷兰、韩国的蔬菜自动嫁接技术进展。当前采摘机器人面临的核心挑战在于复杂非结构化环境下的鲁棒感知、柔性抓取以及速度与成本的商业化可行性。

### 五、无人机遥感在果园管理中的应用

无人机与遥感技术在园艺生产管理中的应用日趋成熟。兰玉彬等人系统梳理了无人机搭载多光谱、高光谱和热红外传感器在作物病虫害遥感诊断中的应用。徐旻等人从田间环境感知、精准施药建模与优化、作业效果评估三个维度综述了智能化无人机植保关键技术。邓小玲等人报道了利用无人机高光谱遥感对柑橘黄龙病患植株的分类识别。刘金成等人综述了无人机在果园与林业管

理中的应用现状与挑战。当前趋势是无人机正从单一施药平台向“感知—决策—作业”一体化智能平台转型。

### 六、物联网与大数据驱动精准园艺

大数据与物联网技术为 AI 在精准园艺中的应用提供了数据基础与连接架构。精准园艺的技术架构正从“感知层—传输层—平台层—应用层”的分层模型向端边云协同的智能化架构演进。

### 七、知识图谱与大语言模型赋能园艺知识服务

自然语言处理与知识图谱在园艺知识服务中的应用是近年增长最快的方向之一。穆维松等人从本体构建、知识抽取、知识融合、知识推理和可视化五个维度梳理了农业知识图谱关键技术。侯琨等人展望了多模态知识推理、强时效性知识更新等前沿方向。赵春江提出了基于知识规则与事实案例相结合的农情解析方法。郭旺等人系统阐述了农业大模型的关键技术方法。王婷等人基于大语言模型构建了采用 LoRA 微调和 RAG 技术的果蔬农技智能问答系统。王元胜等人预测农业知识服务将从数据检索、语义匹配迈向生成式知识驱动模式。

### 八、AI 加速园艺育种的智能化跨越

AI 在园艺育种中的应用主要集中于基因组选择预测和高通量表型分析两大方向。岑海燕等人从植物识别与分类、胁迫分析、产量预测、精准育种和精准管理五个方面梳理了深度学习在植物表型交叉研究中的进展。王欣等人重点介绍了机器学习/深度学习在非加性效应建模和多组学预测中的突破。温维亮等人构建了作物表型组大数据技术体系。赵春江阐述了植物表型组学大数据的含义与解析方法。当前 AI 育种面临的主要挑战是园艺作物基因组复杂度高、高质量表型数据积累不足,以及从模型预测到田间验证的“最后一公里”问题。

### 九、挑战与未来发展趋势

#### (一) 五大核心挑战

综合多篇综述文献, AI 在园艺领域的应用面临以下核心挑战。第一, 高质量数据资源匮乏, 园艺作物种类繁多, 高质量标注数据集建设严重滞后于算法发展。第二, 模型泛化与鲁棒性不足, 实验室条件下表现优异的模型在田间复杂环境中性能显著下降。第三, 智能装备成本与适用性矛盾, 采摘机器人、高光谱传感器等设备价格高昂。第四, 多源异构数据融合困难, 物联网传感器、遥感影像、基因组数据等多模态数据的有效融合仍是技术难点。第五, 复合型人才短缺, 同时掌握园艺学科知识和

AI技术的交叉人才严重不足。

## (二)六大未来趋势

综合赵春江的多篇综述,智慧园艺将向以下方向演进。其一,多模态大模型将成为园艺知识服务与智能决策的核心引擎。其二,“感知—决策—控制”一体化机器人系统将实现果园全流程自主作业。其三,基于作物表型反馈的闭环环境调控将取代基于环境参数的开环控制。其四,数字孪生技术将构建虚实融合的园艺生产管理平台。其五,边缘计算与端侧AI将解决农业场景的实时性和网络约束问题。其六,AI驱动精准育种将加速园艺新品种选育周期。

## 十、结论

AI在园艺领域的应用已走过单点技术突破阶段,正进入系统集成与产业落地的关键转折期。本文综述表明:第一,病虫害识别、品质检测等“视觉智能”应用已相对成熟,未来竞争焦点将转向多模态融合与边缘部署;第二,智能温室环境调控正从“基于环境参数”向“基于作物表型反馈”范式升级,AI种植策略已在草莓等园艺作物上验证了显著的增产增收效果;第三,大语言模型的崛起正在开辟园艺知识服务的全新赛道,但农业领域数据的稀缺性和特殊性意味着通用大模型难以直接迁移,领域专用模型的构建将是未来数年的核心课题。中国学者在该领域已积累了丰富的研究成果,未来十年,随着5G/6G、边缘AI和多模态大模型技术的成熟,智慧园艺有望实现从“辅助决策”到“自主管理”的质变。

## 参考文献:

- [1]赵春江.智慧农业的发展现状与未来展望[J].华南农业大学学报,2021,42(6):1-7.
- [2]路鹏,郑文刚,张钟莉莉,等.智慧设施园艺研究进展与前沿热点[J].农业工程,2025,15(2):1-12.
- [3]翟肇裕,曹益飞,徐焕良,等.农作物病虫害识别关键技术研究综述[J].农业机械学报,2021,52(7):1-18.
- [4]邵明月,张建华,冯全,等.深度学习在植物叶部病害检测与识别的研究进展[J].智慧农业,2022,4(1):29-46.
- [5]龙满生,欧阳春娟,刘欢,等.基于卷积神经网络与迁移学习的油茶病害图像识别[J].农业工程学报,2018,34(18):194-201.
- [6]彭红星,何慧君,高宗梅,等.基于改进 ShuffleNetV2模型的荔枝病虫害识别方法[J].农业机械学报,2022,53(12):290-300.
- [7]樊湘鹏,许燕,周建平,等.基于迁移学习和改进CNN的葡萄叶部病害检测系统[J].农业工程学报,2021,37(6):151-159.
- [8]兰玉彬,孙斐书,张乐春,等.基于改进YOLOv5s的自然场景下生姜叶片病虫害识别[J].农业工程学报,2024,40(1):210-216.
- [9]管博伦,张立平,朱静波,等.农业病虫害图像数据集构建关键问题及评价方法综述[J].智慧农业,2023,5(3):17-34.
- [10]慕君林,王云飞,刘双喜,等.基于深度学习的农作物病虫害检测算法综述[J].农业机械学报,2023,54(S2):301-313.
- [11]蒋雪松,计恺豪,姜洪哲,等.深度学习在林果品质无损检测中的研究进展[J].农业工程学报,2024,40(17):1-16.
- [12]田有文,吴伟,卢时铅,等.深度学习在水果品质检测与分级分类中的应用[J].食品科学,2021,42(19):260-270.
- [13]黄昊,谢圣桥,陈度,等.深度学习在苹果产业链中的应用与研究进展[J].中国农业科技导报,2022,24(10):79-89.
- [14]樊书祥,王庆艳,杨雨森,等.水果糖度可见—近红外光谱手持式检测装置开发与试验[J].光谱学与光谱分析,2021,41(10):3058-3063.
- [15]韩亚芬,吴尘菟,吴海华,等.基于可见—近红外光谱技术的果蔬品质检测方法[J].农业工程,2024,14(1):95-101.
- [16]胡瑾,杨永霞,李远方,等.温室环境控制方法研究现状分析与展望[J].农业工程学报,2024,40(1):112-128.
- [17]毛罕平,晋春,陈勇.温室环境控制方法研究进展分析与展望[J].农业机械学报,2018,49(2):1-16.
- [18]张观山,丁小明,何芬,等.基于LSTM-AT的温室空气温度预测模型构建[J].农业工程学报,2024,40(18):194-201.
- [19]祖林禄,柳平增,赵妍平,等.基于SSA-LSTM的日光温室环境预测模型研究[J].农业机械学报,2023,54(2):351-358.
- [20]耿闻轩,赵俊晔,阮继伟,等.人工智能辅助种植策略对温室草莓生产调控效果对比研究[J].智慧农业,2022,4(2):183-193.
- [21]赵春江,范贝贝,李瑾,等.农业机器人技术进展、挑战与趋势[J].智慧农业,2023,5(4):1-15.
- [22]陈青,殷程凯,郭自良,等.苹果采摘机器人关键技术研究现状与发展趋势[J].农业工程学报,2023,38(4):1-15.
- [23]夏先飞,贾磊,张硕,等.果蔬采摘机器人研究现状及发展趋势[J].农业工程学报,2025,41(10):1-18.
- [24]张凯良,褒佳,张铁中,等.蔬菜自动嫁接技术研究现状与发展分析[J].农业机械学报,2017,48(3):1-13.
- [25]兰玉彬,邓小玲,曾国亮.无人机农业遥感在农作物病虫害诊断应用研究进展[J].智慧农业,2019,1(2):1-19.
- [26]徐旻,张瑞瑞,陈立平,等.智能化无人机植保作业关键技术及研究进展[J].智慧农业,2019,1(2):20-33.
- [27]邓小玲,曾国亮,朱子豪,等.基于无人机高光谱遥感的柑橘患病植株分类与特征波段提取[J].华南农业大学学报,2020,41(6):113-120.

- [28]刘金成,王海明,何亚琼,等. 无人机技术在精准林业中的应用与挑战[J]. 农业工程学报,2024,40(5):14-24.
- [29]穆维松,刘天琪,苗子激,等. 知识图谱技术及其在农业领域应用研究进展[J]. 农业工程学报,2023,39(16):1-12.
- [30]侯琨,贾宁,李志慧,等. 农业知识图谱技术研究现状与展望[J]. 农业机械学报,2024,55(6):1-17.
- [31]赵春江. 农业知识智能服务技术综述[J]. 智慧农业,2023,5(2):126-148.
- [32]郭旺,杨雨森,吴华瑞,等. 农业大模型:关键技术、应用分析与发展方向[J]. 智慧农业,2024,6(2):1-13.
- [33]王婷,王娜,崔运鹏,等. 基于人工智能大模型技术的果蔬农技知识智能问答系统[J]. 智慧农业,2023,5(4):105-116.
- [34]王元胜,吴华瑞,赵春江. 农业知识驱动服务技术革新综述与前沿[J]. 农业工程学报,2024,40(7):1-16.
- [35]岑海燕,朱月明,孙大伟,等. 深度学习在植物表型研究中的应用现状与展望[J]. 农业工程学报,2020,36(9):1-16.
- [36]王欣,徐一亿,徐扬,等. 作物全基因组选择育种技术研究进展[J]. 生物技术通报,2024,40(3):1-13.
- [37]温维亮,郭新宇,张颖,等. 作物表型组大数据技术及装备发展研究[J]. 中国工程科学,2023,25(4):227-238.
- [38]赵春江. 植物表型组学大数据及其研究进展[J]. 农业大数据学报,2019,1(2):5-14.

## Application Status and Future Prospects of Artificial Intelligence in Horticulture

LI Qian-yu, HAN Hong-bo, LIU Shan

(School of Biological and Chemical Engineering (Agriculture), Panzhihua University, Panzhihua Sichuan 617000, China)

**Abstract:** Artificial Intelligence (AI) is profoundly reshaping every segment of the horticultural industry. Drawing on dozens of recent papers published in leading Chinese journals such as *Transactions of the CSAE*, *Transactions of the CSAM*, and *Smart Agriculture*, this review systematically surveys AI advances across eight domains: machine-vision-based pest and disease detection, non-destructive fruit quality inspection and grading, intelligent greenhouse climate control, horticultural robots, UAV remote sensing, IoT and big data, knowledge graphs and large language models, and AI-assisted breeding. Five core challenges and six future trends are identified. The findings suggest that AI applications in horticulture have moved beyond isolated technical breakthroughs and are entering a critical transition period toward system integration and industrial deployment.

**Key words:** Artificial Intelligence; horticulture; deep learning; smart agriculture; machine vision