

# 智能滴灌水肥一体化技术在苗圃的应用与推广

黄丹

重庆市渝北区华蓥山林场 重庆渝北 401120

**摘要:** 智能滴灌水肥一体化技术具有节水、节肥、节约人工成本和生态友好等优势,能有效提升苗圃经营管理水平,降低育苗成本,推动传统苗圃转型升级。本文通过阐述国内外研究现状、系统工作原理和技术优势,探讨了苗圃发展对该项技术的需求及效益前景,最后重点分析了该技术在苗圃应用和推广过程中存在的挑战和问题,并提出了保障技术落地的推广建议。

**关键词:** 智能滴灌;水肥一体化;苗圃管理;精准灌溉

林木种苗是现代林业的根本,科学的育苗技术则是林业发展的基石,而传统苗圃的水肥管理模式以经验为主导,缺乏科学调控,存在水资源浪费、肥料利用率低、人工成本高和环境污染等问题,已难以适配现代苗木培育需求,严重制约着林业产业体系发展和生态文化体系建设<sup>[1]</sup>。

智能滴灌水肥一体化技术取缔了以个人经验为主的粗放型管理模式,运用物联网、环境监测、数据分析等技术,实现水肥供给自动化、数据化、精准化,使苗圃生产科学可控,更适配规模化、标准化苗木培育需求,是苗圃从“经验管理”向“智能化”升级的关键支撑,其意义与优势深度契合当前苗圃提质、降本、增效的发展需求。

## 一、国内外研究现状

### (一) 国外智能水肥一体化技术发展与应用概况

国外对水肥一体化技术的研究最早可以追溯至18世纪初,但直到20世纪后半叶,水肥一体化技术才在生产中得到广泛应用,并形成了一定规模<sup>[2]</sup>。以色列在20世纪60年代就研发出了世界上第一套滴灌系统,并依托在地下建立的庞大集水系统,在全国范围内大力推广水肥一体化技术,现今以色列的水资源利用率达到了95%以上。荷兰经过多年的技术积累,将智能滴灌水肥一体化系统与规模化连栋温室管理技术相结合,形成针对不同苗木培育的生产管理系统。日本则更注重系统的智能化和自动化,久保田研发的农业系统KSAS,利用机器人技

术和信息技术,通过分析和利用积累的大数据,实现了水肥的精准控制。

### (二) 国内智能水肥一体化技术在林业中的应用进展

20世纪80年代,我国逐步借鉴国外先进经验,大力推广水肥一体化技术。随着多年的持续性推动,在林业方面,智能水肥一体化技术已在全国25个省(直辖市、自治区)得以应用,涉及的树种超过60个,累计面积达41000余亩。但由于缺乏深度的推广和宣传,目前我国对该技术的应用主要集中在国有林场和科研示范基地,在市面上的推广进程相对较缓,未在基层切实落地生根。我国在设备研制方面缺乏对核心技术掌握,仍处在模仿阶段,智能化研究还不够成熟,且在水肥配比精度、控制系统准确性等问题上还有待进一步的完善和提升。

## 二、智能滴灌水肥一体化技术概述

### (一) 系统工作原理

智能滴灌水肥一体化系统大致可分为水源、首部系统、田间管网、滴灌系统和数据采集系统等部分<sup>[3]</sup>。

系统主要通过物联网、互联网、云计算及信息采集处理等现代信息技术,采集监测苗木生长环境因子、气象信息和苗木生长信息,分析处理并根据不同苗木生长期需水、需肥特点制定出相应的水肥供给方案,同时利用传感器和智能控制系统实现整个过程的智能化和自动化<sup>[4]</sup>。

### (二) 技术优势特点

#### 1. 水肥精准可控

通过智能监测设备实时监测土壤墒情、养分含量及苗木生长需求,按需定量将水肥混合液直接输送至苗木根系区域,避免了传统灌溉施肥的盲目性,提高了水肥利用率。

**作者简介:** 黄丹(1990.08-),男,汉族,四川省宜宾市,林业工程师,硕士研究生,重庆市渝北区华蓥山林场,森林经营。

## 2. 资源高效节约

相比传统方式，智能滴灌水肥一体化技术可减少40%–60%的用水量和30%–50%的肥料用量，有效降低水肥流失对环境的污染，同时节省浇水、施肥的人工成本。

## 3. 提升苗木品质

水肥同步供给且直达根系，苗木吸收效率更高，生长环境更稳定，能有效减少因缺水缺肥或水肥过剩导致的苗木长势受阻等问题，最终实现苗木的快速生长，提升出圃苗木壮苗率。

## 4. 自动化与智能化程度高

系统支持远程控制、定时定量编程及数据化管理，可结合气象因子和苗木生长阶段自动调整水肥供给方案，减少人工干预，实现系统化管理，尤其适用于大规模、标准化苗圃应用<sup>[5]</sup>。

# 三、智能滴灌水肥一体化技术在苗圃的应用分析

## (一) 苗圃对智能滴灌水肥一体化技术的应用需求

### 1. 满足不同苗木的差异化水肥需求

苗圃常同时培育多种苗木，由于不同品种以及同一品种不同生长阶段对水肥的需求量差异较大，采用传统的灌溉和施肥模式难以精准适配不同苗木生长所需，而智能滴灌水肥一体化技术可通过分区控制和定制水肥方案，为不同时期不同品种的苗木提供精准的水肥供给，避免了“一刀切”导致的水肥浪费和生长不均问题<sup>[6]</sup>。

### 2. 保障苗木根系健康与生长稳定性

苗木根系的健康直接关系到苗木成活和长势，传统灌溉方式易导致土壤板结、根系缺氧，过量施肥则可能引发烧根、破坏土壤结构和造成环境污染。智能滴灌水肥一体化技术能将水肥缓慢、均匀输送至苗木根系，使土壤维持疏松透气的良好状态，减少根系受损风险，能有效提高壮苗率和苗木出圃整齐度。

### 3. 降低管理成本与适应规模化培育

在苗圃经营管理过程中，传统人工灌溉施肥需投入大量人力和时间，且效率低下。智能滴灌水肥一体化技术具有自动化、智能化和精准化特点，可大幅减少人工成本，同时节约水资源和肥料用量，降低长期运营投入，更符合现代苗圃规模化和标准化的培育需求。

### 4. 应对复杂环境与提升育苗成活率

部分苗圃可能由于土壤保水保肥能力差、气候干旱或季节性降水不均等原因，易发生苗木缺水缺肥的情况。智能滴灌水肥一体化技术可通过土壤监测传感器实时监测土壤水分和肥力状况，及时报警或根据设置自动触发

灌溉施肥，及时补充水肥，减少极端环境对苗木生长的影响，尤其在幼苗期能显著提升苗木成活率。

## (二) 智能滴灌水肥一体化技术在苗圃应用的效益分析

### 1. 经济效益分析

滴灌系统直接将水分输送到苗木根系，相较传统灌溉方式节水40%–60%，在干旱地区提升更为明显<sup>[7]</sup>。同时智能滴灌水肥一体化技术直接将肥料运输到苗木根系，避免了挥发、淋失和地表径流，较传统施肥方式，节肥效果可达30%–50%。通过手机或电脑端完成灌溉施肥任务，一人可管理上百亩甚至更大面积的苗圃，有效节省人工成本70%以上。根据苗木不同生长阶段的需水需肥规律进行精准调控，苗木生长健壮、根系发达、生长速度快、能提前达到出圃标准，从而缩短生产周期，提高土地利用效率，加快了资金回笼。

### 2. 生态效益分析

智能滴灌水肥一体化的应用避免了大水漫灌对土壤结构的破坏，保持了土壤团粒体结构，能有效减轻水土流失。精细化施肥极大减少了肥料向深层土壤的淋溶，从而降低化肥的使用量，减少了资源消耗与环境污染压力。滴灌仅湿润苗木根区，能有效减少蒸发和地表径流造成的水资源浪费，显著提高水资源利用率，同时有利于苗圃行间保持干燥，降低了空气湿度，从而显著减少了病虫害的发生几率，减少了农药的使用量。

### 3. 社会效益分析

智能滴灌水肥一体化技术的应用能有效推动苗圃从传统、粗放的管理模式向现代化、智能化转型。科技型苗圃成为林业现代化的展示窗口，能起到良好的技术示范和推广作用。且在全球水资源日益紧张背景下，该技术高效的水资源利用率具有重要的社会意义。

# 四、技术推广面临的障碍

## (一) 经济成本障碍

技术推广过程中最核心的问题是初期一次性投入较高，一套完整的设备包含首部系统、田间管网、传感器、控制器等硬件，单套设备成本对于中小型苗圃具有较大经济压力。我国相应的财政补贴机制尚未完善，虽然政策上有补贴，但额度较小。系统后期需持续投入设备维护、软件更新及技术培训等运营成本，且一般苗木生长周期较长，短期经济效益不明显，导致多数苗圃经营者投资积极性低。

## (二) 技术门槛障碍

智能滴灌水肥一体化技术的应用要求苗圃工作人员

需具备基础的电子设备使用和简单故障排查能力，但多数苗圃工作人员年龄偏大、技术基础薄弱，难以熟练掌握系统操作。此外，在系统运营过程中需依赖专业技术人员进行定期维护调试、故障排除以及数据分析，而该项工作往往嫁接到设备厂商或基层林业服务体系中，难以及时提供专业技术支持。

### （三）基础设施与适配性障碍

部分偏远地区的苗圃因缺乏稳定的电力供应和良好的网络信号，导致系统运行困难，无法达到生产预期。且不同苗圃的育苗品种、立地条件、培育需求存在差异，现有智能滴灌系统多为通用型设计，难以精准适配不同苗圃的个性化需求，不但苗圃或需进行适应性基础设施改建，设备也需结合苗圃实际情况定制改造，进一步增加了成本与推广难度。

### （四）认知与接受度障碍

多数苗圃经营者认为传统灌溉施肥模式“成本低、易操作、有利于成本控制”，对智能滴灌水肥一体化技术的节水、节肥、节约人工和提升苗木品质等优势认知不足，存在抵触心理。部分经营者对智能系统的稳定性和实际效果持怀疑态度，身边缺乏成功案例的直观参考，导致其主动寻求技术更新意愿较低。

## 五、推广策略与建议

### （一）政策层面

政策的推动是新技术应用落地的关键。政府需做好顶层设计，为技术的推广创造良好的制度环境和激励机制。首先应加大财政补贴与信贷支持力度，降低用户初始投入。同时将采用节水节肥、绿色环保技术的苗圃纳入绿色环保认证体系，其生产的苗木可在政府采购、生态修复和乡村振兴等项目中优先采购，从而建立良好的市场导向。再将智能滴灌水肥一体化技术纳入现代林业、智慧林业重点推广项目，在国有林场、保障性苗圃建立示范基地，持续加大推广力度。

### （二）技术层面

科研单位应和生产企业加深合作，继续开发低成本、高可靠性、易操作的简化版系统，降低初始投资门槛和使用复杂度。加快制定适用于不同树种、不同环境的苗圃智能水肥一体化技术规程和建设标准，规范技术应用。通过云平台实现苗圃数据的汇集与分析，为用户提供远程监控、智能预警和决策建议，解决用户“不会用、不敢用、用不好”的后顾之忧。

### （三）市场与社会层面

强化科研单位、生产企业、与终端用户的紧密合作，

构建“科研单位-企业-苗圃”协同推广机制，向公众宣传智慧林业、节水节肥和可持续发展的重要性，提升社会对现代林业技术的认知度和接受度，为技术推广创造良好的社会氛围。在水资源紧缺地区、经济发达地区先行重点推广，对于经济欠发达地区的小型苗圃，可先推广技术原理，采用简易实用型设备，逐步升级。

## 六、结论与展望

智能滴灌水肥一体化技术能够有效提高苗圃管理水平，促进苗圃节水、节肥、环保、高效运作，进而降低育苗成本，实现优质种苗的稳定供应，为苗圃规模化、智能化发展提供有力支撑，更是现代苗圃摆脱传统生产桎梏，迈向高效化和可持续发展的必然选择。然而，该技术在苗圃的应用和推广过程中，仍面临着诸多现实挑战。未来我国应继续加大技术研发投入，完善推广保障机制，鼓励科研机构、生产企业和苗圃多方合作，降低系统使用门槛，减少后期维护运行成本，从而将该技术更好地应用到苗圃经营管理当中。

从长远来看，该技术的推广和普及，不仅能助力林木种苗资源提升，更能为整个林业产业体系的转型提供参考。借助先进技术减少人工投入、降低环境污染，促使我国林业朝着高效产出、生态友好、可持续发展稳步迈进，为生态文明建设和乡村振兴注入强劲动力。

## 参考文献

- [1] 桂炳中, 唐丽, 苏学军. 南迎春栽培管理[J]. 中国花卉园艺, 2020(14): 48.
- [2] 聂训, 黄招娣, 黄德昌, 等. 基于物联网的水肥一体化系统设计[J]. 农业工程, 2023, 13(3): 43-49.
- [3] 尹飞虎. 中国北方旱区主要粮食作物滴灌水肥一体化技术[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- [4] 师连鑫, 李海雄, 张博龙, 等. 基于物联网与云计算技术的陕北智慧节水无人灌溉系统[J]. 农业工程, 2025, 15(2): 128-133.
- [5] 熊钦, 肖丽萍, 蔡金平. 基于物联网的果园药水肥一体化控制系统设计与实现[J]. 中国农机化学报, 2023, 44(3): 73-81.
- [6] 黄玮, 余小罗, 裴青宝, 等. 新质生产力背景下智慧灌溉技术研究进展[J]. 农业工程技术, 2024, 44(32): 13-16.
- [7] 邓庆玲, 崔宁博, 陈飞, 等. 滴灌脐橙产量和品质的水肥生产函数研究[J]. 干旱地区农业研究, 2023(5): 80-88.