

Research and application of integrated precision irrigation technology for facility vegetables

Fang He

Economic Crops Technology Extension Station Fuyuan County, Qujing, Yunnan, 655500, China

Abstract

Integrated water and fertilizer precision irrigation technology is an efficient, water-saving, and environmentally friendly irrigation method in modern agriculture. By optimizing the allocation of water and fertilizers, this technology ensures precise management of water, fertilizer, air, and soil, thereby promoting the efficient growth of crops. In the cultivation of facility vegetables, water and fertilizer management are crucial for enhancing crop yield and quality. As agricultural modernization advances, traditional irrigation methods can no longer meet the demands of refined vegetable cultivation. The application of integrated water and fertilizer precision irrigation technology can significantly enhance water resource utilization efficiency, reduce fertilizer waste, and minimize environmental impact. This article analyzes the basic principles of integrated water and fertilizer precision irrigation technology for facility vegetables, explores its research progress and current applications. It also examines the effectiveness of this technology in facility vegetable cultivation through practical case studies, and proposes potential challenges and strategies for its broader adoption.

Keywords

facility vegetable; water and fertilizer integration; precision irrigation; agricultural modernization; water-saving technology

设施蔬菜水肥一体化精准灌溉技术研究与应用

何芳

富源县经济作物技术推广站，中国·云南 曲靖 655500

摘 要

水肥一体化精准灌溉技术是现代农业中一种高效、节水、环保的灌溉技术，通过合理配置水和肥料，实现水、肥、气、土的精准管理，促进作物的高效生长。设施蔬菜的种植过程中，水肥管理是提高作物产量和质量的关键因素。随着农业现代化的发展，传统的灌溉方式已经无法满足蔬菜种植的精细化管理需求。水肥一体化精准灌溉技术的应用能够有效提升水资源利用效率，减少肥料浪费，并减少对环境的负面影响。本文通过分析设施蔬菜水肥一体化精准灌溉技术的基本原理，探讨了该技术的研究进展与应用现状。结合实际案例，分析了其在设施蔬菜种植中的应用效果，提出了技术推广中可能遇到的困难及相应的解决策略。

关键词

设施蔬菜；水肥一体化；精准灌溉；农业现代化；节水技术

1 引言

随着全球人口的不断增长，农业生产面临着土地资源和水资源日益紧张的挑战。传统的农业灌溉方式不仅浪费水资源，还容易造成土壤盐碱化、污染和肥料浪费等问题。在这种背景下，水肥一体化精准灌溉技术作为一种现代农业技术应运而生。该技术通过精确控制水分和肥料的施用量，确保作物的最佳生长条件，同时最大限度地减少资源浪费，提升作物的产量和质量。

设施蔬菜是指在温室或大棚内种植的蔬菜，它不仅能够提供全年不间断的优质蔬菜，还能够有效避免气候变化带

来的不利影响。然而，由于设施蔬菜种植的环境条件相对封闭，水肥管理显得尤为重要。水肥一体化精准灌溉技术的应用可以精确调控水肥的输入，实现灌溉与施肥的同步操作，从而提高资源利用率和作物生长效果。

本文将围绕设施蔬菜水肥一体化精准灌溉技术的原理与应用展开讨论，分析其研究进展与实际应用效果，并提出技术推广过程中的挑战和优化策略，以期为设施蔬菜种植中的水肥管理提供新的思路和方法。

2 水肥一体化精准灌溉技术的原理与特点

2.1 水肥一体化精准灌溉技术的基本原理

水肥一体化精准灌溉技术是一种新型的农业技术，通过结合现代信息技术、自动化控制技术与水肥管理技术，实现对农业灌溉和施肥过程的精确管理。其基本原理是通过智

【作者简介】何芳（1975-），女，中国云南曲靖人，本科，高级农艺师，从事蔬菜种植研究。

能传感器实时监测土壤的水分、肥料浓度以及环境因素（如气温、湿度等），然后根据作物的需水需肥规律，自动调整水和肥的供给量，以确保作物在不同生长阶段的水肥需求得到科学、精确的满足。

水肥一体化精准灌溉系统的组成包括水源供应、肥料注入、控制系统、传感器网络和数据分析平台。水源供应系统负责提供灌溉用水，而肥料注入系统则确保施肥过程的精准化。这些系统与控制系统相结合，通过实时的数据采集和分析，自动调整水和肥的供给量，以保证作物的健康生长。传感器网络通过部署在土壤中的各类传感器，监测土壤湿度、温度、肥料浓度等环境数据，为控制系统提供精确的信息。数据分析平台则对传感器采集的数据进行处理和分析，进而优化灌溉和施肥方案，实现动态调整^[1]。

这种技术的核心优势在于其高效的资源利用率，它能够根据作物的具体需求精确调节水和肥料的供给量，最大程度地提高水和肥料的使用效率，减少浪费，并确保作物在最佳条件下生长。

2.2 水肥一体化精准灌溉的特点

水资源是农业生产中最为关键的资源之一，尤其是在水资源匮乏的地区。传统灌溉方法常常存在水资源浪费的问题，而水肥一体化精准灌溉技术通过精确控制水的使用量，确保每一滴水都能够最大化地被利用。这种精细化管理能够根据土壤的实际水分需求，精确计算所需的水量，并通过智能控制系统自动调整灌溉量，从而大幅度减少水资源的浪费。在干旱或水资源短缺的地区，这项技术显得尤为重要，它能够有效应对水资源压力，确保农业生产的持续性和稳定性^[2]。

传统的施肥方法往往容易造成肥料浪费和环境污染，过量施肥不仅增加农民的生产成本，还可能导致水体污染、土壤酸化等环境问题。水肥一体化精准灌溉技术能够根据作物的生长需求、土壤的肥力状况以及环境的变化，精确调节肥料的施用量，确保肥料的高效利用。通过实时监测土壤肥料浓度，系统能够避免过度施肥的情况，减少肥料流失和环境污染，实现绿色农业的目标。

水肥一体化精准灌溉技术通过自动化控制，极大地减少了人工操作的需求。这不仅提高了工作效率，还降低了劳动力成本。传统的灌溉和施肥工作往往需要大量的人力和时间，而这种系统可以通过智能传感器和自动化控制，大大简化操作流程。农民只需要进行系统维护和管理，而不需要在每天的灌溉和施肥过程中投入大量的时间和劳力。此外，系统能够根据实时数据进行自我调节，减少人工干预和操作失误，进一步提高生产效率^[3]。

精准的水肥管理能够为作物提供最适宜的生长环境，促进作物的健康生长，提升作物的产量和质量。通过对作物的需水需肥规律的精确掌握，水肥一体化系统能够确保作物在每个生长阶段得到最佳的水肥供应，避免因缺水、缺肥等因素导致的生长不良。作物能够在最佳的环境条件下生长，从

而提高了作物的整体产量和市场竞争力。此外，作物的质量也得到了保障，肥料和水的精准施用，能够避免过度施肥和水分不均，进而改善作物的品质，提升农产品的市场价值^[4]。

2.3 水肥一体化精准灌溉技术的挑战

尽管水肥一体化精准灌溉技术具有显著的优势，但在实际应用过程中，仍然面临一系列的挑战。首先，系统的建设与维护需要较高的技术投入和设备投资。尤其对于部分小规模农户来说，由于资金和技术支持的限制，实施该技术的难度较大。虽然现代技术不断发展，但设备的初期投资和后期的维护成本仍然是许多农户面临的挑战。

其次，由于不同地区的土壤类型、作物种类、气候条件等因素的差异，精准灌溉系统的设计和实施也变得复杂。在不同的地理环境下，土壤水分保持能力、作物的水肥需求、气候条件等各方面的因素都可能影响精准灌溉系统的效果。因此，如何根据不同的区域特点，设计出适合当地需求的水肥一体化精准灌溉系统，仍然是一个需要解决的技术难题。

最后，数据采集和分析的精度直接影响到系统的运行效果。精准灌溉技术依赖于传感器获取的数据，而这些数据的准确性和实时性对灌溉系统的优化至关重要。如何提高传感器的精度、提高数据处理的准确性和实时性，是当前系统优化中的一个关键问题。数据处理的精确度能够直接影响灌溉和施肥的效果，进而影响作物的生长情况和农田的产量。因此，提高数据采集与分析的技术水平，是推动水肥一体化精准灌溉技术更广泛应用的前提。

3 水肥一体化精准灌溉技术的应用现状与发展趋势

3.1 应用现状

目前，水肥一体化精准灌溉技术在设施蔬菜种植中的应用已取得显著成果，特别是在温室蔬菜和大棚蔬菜种植中，得到了广泛应用。许多现代化温室大棚的农场和农业企业通过引入水肥一体化精准灌溉系统，成功实现了水肥的精细化管理。系统通过智能传感器和数据分析，实时监控土壤的水分、肥料浓度以及环境条件，精确调节水和肥的供给量，从而大大提高了水资源和肥料的利用效率。通过这种高效的管理，水资源消耗得到了显著减少，肥料利用效率提高了20%以上，同时作物的生长周期也得到了缩短，产量和质量得到了有效提升。

例如，在滇东地区的某些设施蔬菜种植项目中，水肥一体化精准灌溉技术帮助农民减少了30%的水资源消耗，并在确保水分和营养充足的情况下，作物的产量提高了10%。这一技术在南方一些水稻和蔬菜种植地区的应用，除了提高作物的产量和品质外，还有效降低了农业生产中的碳排放，推动了农业的可持续发展。这些成功案例表明，水肥一体化精准灌溉技术不仅能够提升农业生产效益，还为现代农业的发展提供了绿色、节能、环保的解决方案，成为促进

农业可持续发展的重要手段。

3.2 技术发展趋势

随着数字化和智能化技术的持续发展,水肥一体化精准灌溉技术的应用前景越来越广阔。未来,智能传感器、物联网、大数据分析等技术将进一步提升灌溉和施肥系统的优化能力,能够实时监测土壤水分、气候变化和作物的具体需求,从而自动调整水和肥的供给量,确保灌溉和施肥更加精准高效。物联网技术将连接各种传感器与控制系统,实现远程数据采集和处理,极大地提升了农业管理的智能化程度。同时,大数据分析能够帮助农民和农业企业从历史数据中提取规律,为农田管理决策提供科学依据,提升农田资源的使用效率。

此外,云计算和人工智能技术的发展将为农业精准管理提供更强的技术支持。云计算平台可以集中处理来自不同农田的实时数据,提供数据存储和高效计算的服务,而人工智能技术则可以对这些数据进行深入分析和预测,为灌溉和施肥方案的优化提供智能决策支持。这将实现农田管理的数字化和智能化,促进精准农业的进一步发展^[5]。

未来的水肥一体化精准灌溉技术将更加注重系统的集成性和普适性,以应对不同土壤条件、作物类型和气候变化等带来的挑战。同时,随着技术的不断进步,成本将逐步降低,智能灌溉设备将变得更加普及,使得更多的农户能够采用这一技术,从而推动农业生产的现代化、提高农作物的生产效率,并促进农业的可持续发展。

4 案例分析与优化策略

4.1 案例分析

以通海某大棚蔬菜种植基地为例,该基地采用了水肥一体化精准灌溉技术,在提高水肥利用率的同时,促进了蔬菜的高效生长。通过安装土壤湿度传感器、温湿度传感器以及自动控制系统,实时监测土壤湿度和气候变化,精准控制灌溉和施肥量。在该基地的应用中,水肥一体化系统不仅节水效果明显,还有效提高了作物的品质,减少了病虫害发生率,减少了化肥的使用量。

通过案例分析可以发现,水肥一体化精准灌溉技术在提升作物产量、节水和节肥方面具有显著优势。然而,系统

的运行和维护依赖于精密的设备和技术,如何降低技术投入的成本,并确保设备的稳定运行,仍然是推广应用中的难点。

4.2 优化策略

为了提高水肥一体化精准灌溉技术的应用效果,可以采取以下几项优化策略:

提高传感器的精准度与耐用性:选择高精度且耐用的传感器设备,提高数据采集的可靠性,减少外部环境对数据的影响。

优化控制系统与数据处理平台:结合大数据分析和人工智能算法,优化灌溉和施肥控制策略,提升系统的自适应能力和智能化水平。

降低技术成本,普及应用:通过政府补贴、技术推广等方式,降低水肥一体化精准灌溉系统的建设和维护成本,推动其在更多地区和农户中的普及。

加强农民培训:通过培训提高农民对水肥一体化技术的理解和操作能力,确保系统的正常运行并发挥最佳效果。

5 结语

水肥一体化精准灌溉技术作为现代农业的重要组成部分,具有显著的节水、节肥和提高作物产量的优势。在设施蔬菜种植中,该技术的应用能够有效提高水肥利用效率,促进作物的健康生长。然而,技术的推广与应用仍面临成本、技术、数据处理等方面的挑战。通过优化技术方案、降低成本、提高系统的智能化水平,水肥一体化精准灌溉技术将在未来农业生产中发挥更大的作用。为促进农业可持续发展,推动农业现代化进程,该技术将成为重要的技术手段。

参考文献

- [1] 杨先林.水肥一体化施肥技术在玉米栽培中的应用效果[J].种子科技,2024,42(24):52-54.
- [2] 张丹丹,欧静.玉米水肥一体化高产栽培技术研究:以长岭县流水镇四间房村为例[J].种子科技,2024,42(24):61-63.
- [3] 康艺凡,杨英茹,李友丽,等.基于番茄基质栽培的日光温室智能水肥一体化系统构建[J].河北农业科学,2024,28(06):97-104.
- [4] 李汉燕,孙雪薇,宋鹏飞,等.玉米轻简化水肥一体化高效栽培技术[J].农业知识,2024,(Z3):59-60.
- [5] 马海军,康文怀.水肥一体化对葡萄和葡萄酒品质影响的研究进展[J].现代农业科技,2024,(24):37-40.