

Farmland and Soil Health Monitoring Technology and Its Application in Precision Agriculture

Yanxia Sun

Weifang Hanting District People's Government Zhuli Street Agricultural and Rural Comprehensive Service Center, Weifang, Shandong, 261111, China

Abstract

As a major agricultural producer, China is faced with the dual challenges of improving agricultural productivity and resource utilization efficiency. This paper systematically discusses the application of farmland soil health monitoring technology in precision agriculture, expounds the soil health and its importance to crop growth, and introduces the traditional and modern monitoring technology and its specific applications in agriculture. Finally, we analyze the technical problems of high technical cost, inconsistent data acquisition standards and data fusion analysis, and propose solutions to them. The results indicate that soil health monitoring technology are important in improving the efficiency of agricultural production and resource utilization.

Keywords

soil health detection; precision agriculture; specific application

农田土壤健康监测技术及其在精准农业中的应用

孙艳霞

潍坊市寒亭区人民政府朱里街道农业农村综合服务中心, 中国·山东 潍坊 261111

摘要

作为农业生产大国, 中国面临着提高农业生产力和资源利用效率的双重挑战。论文系统探讨了农田土壤健康监测技术在精准农业中的应用, 阐述了土壤健康及其对作物生长的重要性, 并介绍了传统和现代监测技术及在农业中的具体应用。最后, 分析了技术成本高昂、数据采集标准不一致和数据融合分析面临的技术难题, 并提出了解决方案。研究表明, 土壤健康监测技术在提高农业生产和资源利用效率方面具有重要意义。

关键词

土壤健康检测; 精准农业; 具体应用

1 引言

随着全球人口增长与环境变化, 提高农业生产效率、保障食品安全成为亟待解决的问题。土壤健康是精准农业的基础, 有效的土壤监测技术能够为农业生产提供科学的数据支持。

2 农田土壤健康的定义与重要性

2.1 土壤健康的定义

土壤健康是指土壤维持其功能和生产力的能力, 包括物理、化学和生物学特性之间的平衡状态^[1]。具体来说, 健康的土壤应具备良好的结构和通气性, 以确保根系的正常生长; 充足的有机质和矿物质养分, 以满足植物的需求; 丰富的微生物群落, 以促进养分循环和抑制病原体。此外, 健康

的土壤还应具有较强的缓冲能力和抗侵蚀能力, 能够在一定程度上抵御极端天气和人为干扰。土壤健康不仅仅是一个静态的概念, 而是动态变化的过程, 需要通过持续管理和监测来维持和改善。

2.2 土壤健康对作物生长的影响

土壤健康直接关系到作物的生长发育和最终产量。首先, 健康的土壤能够提供适宜的物理条件, 如良好的通气性和排水性, 有助于根系的扩展和吸收水分及养分。其次, 充足的有机质和矿物质养分是作物生长的基础, 缺乏任何一种必需元素都可能导致生长不良或减产。最后, 土壤中的微生物群落对作物生长也有重要影响。例如, 某些细菌和真菌能够固定大气中的氮气, 转化为植物可利用的形式; 还有一些微生物能够分解有机物, 释放养分; 而有益的微生物还能抑制病原体的生长, 减少病害的发生。

【作者简介】孙艳霞(1975-), 女, 中国山东潍坊人, 本科, 农艺师, 从事农技推广研究。

3 土壤健康监测技术概述

3.1 传统监测方法

传统的土壤健康监测方法主要依赖于实验室分析和现场测量，涵盖了物理、化学和生物多个方面的指标。物理指标主要包括土壤颗粒组成、密度、孔隙度和渗透性等，这些参数可以通过土壤样品的粒度分析、比重瓶法和渗透试验等方法获得^[2]。化学指标则涉及土壤pH值、有机质含量、全氮、全磷、全钾等养分含量，通常采用化学分析方法如滴定法、光谱法等进行测定。生物指标则关注土壤微生物活性、酶活性、微生物多样性等，常用的方法有平板计数法、荧光素二乙酸酯（FDA）水解法等。尽管传统方法能够提供详细的土壤健康信息，但其操作烦琐、耗时长且成本较高，难以满足大规模、高频率的监测需求。

3.2 现代监测技术

3.2.1 遥感技术

利用卫星或无人机获取地表信息，评估土壤水分、营养状况等。

遥感技术是近年来在土壤健康监测中迅速发展的一种现代技术，通过卫星或无人机获取地表信息，能够高效、快速地评估大范围内的土壤状况。卫星遥感技术利用不同波段的电磁辐射反射率，可以识别土壤水分、植被覆盖度、土壤类型等信息。例如，可见光和近红外波段的数据可以用于评估植被指数，反映植物生长状况；短波红外波段的数据则有助于检测土壤湿度。无人机遥感技术则更加灵活，可以在更低的高度和更高的分辨率下获取数据，适用于小范围或特定地块的详细监测。无人机搭载的多光谱相机和热红外相机能够提供高精度的土壤温度、水分和养分分布图，为精准农业提供重要的决策支持。此外，遥感技术还可以结合地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS），实现空间数据的可视化和分析，进一步提高监测的准确性和实用性。

3.2.2 物联网技术

通过传感器网络实时监测土壤温湿度、pH值等参数。

物联网技术在土壤健康监测中的应用，通过部署在农田中的各种传感器网络，实现了对土壤温湿度、pH值、电导率等参数的实时监测。这些传感器通常安装在土壤的不同深度，可以连续采集数据并传输到中央处理系统。例如，温湿度传感器可以监测土壤的温度和湿度变化，帮助农民及时调整灌溉策略；pH值传感器可以检测土壤酸碱度，指导合理的施肥方案；电导率传感器则可以评估土壤中的盐分含量，防止盐渍化。物联网技术的优势在于其高频率的数据采集和实时性，能够提供连续、动态的土壤健康信息。此外，通过无线通信技术，如LoRa、NB-IoT等，传感器数据可以远程传输到云端平台，方便农民和研究人员进行远程监控和管理。物联网技术不仅提高了监测的效率和准确性，还为精准农业提供了重要的数据支持，使得农业生产更加智能化和精细化。

3.2.3 大数据分析

整合多源数据，提供决策支持。

大数据分析技术在土壤健康监测中发挥着越来越重要的作用，通过整合来自遥感、物联网、气象站等多种来源的数据，提供全面、深入的决策支持。大数据分析平台可以处理海量的结构化和非结构化数据，运用统计学、机器学习和人工智能算法，挖掘数据背后的规律和趋势。例如，通过分析历史气象数据和土壤湿度数据，可以预测未来一段时间内的土壤水分变化，为灌溉计划提供科学依据；结合作物生长模型和土壤养分数据，可以制定个性化的施肥方案，提高肥料利用率；利用病虫害发生的历史记录和当前的环境条件，可以预警潜在的病虫害风险，提前采取防控措施。此外，大数据分析还可以生成可视化报告和地图，帮助农民直观地了解农田状况，做出更明智的管理决策。通过将多种数据源融合在一起，大数据分析不仅提高了监测的精度和效率，还为精准农业的发展提供了强大的技术支持。

4 土壤健康监测技术在精准农业中的具体应用

4.1 智能灌溉系统

智能灌溉系统是精准农业中的一项关键技术，它通过结合土壤水分传感器和气象数据，实现了对农田灌溉的精确控制，有效减少了水资源的浪费。首先，土壤水分传感器被安装在农田的不同深度和位置，能够实时监测土壤中的水分含量。这些传感器将数据传输到中央控制系统，通过无线通信技术实现数据的远程收集。同时，气象站提供的降雨量、蒸发量、气温等信息也被集成到系统中，用于综合判断农田的实际需水量。当土壤水分低于预设阈值且未来几天没有降雨预报时，系统会自动启动灌溉设备进行补水；反之，则延迟或停止灌溉。此外，智能灌溉系统还可以根据作物生长阶段和需水规律，动态调整灌溉策略，确保每个生长阶段都能获得最适宜的水分供应。这种基于数据驱动的灌溉方式不仅提高了灌溉效率，还显著降低了水资源消耗，对于干旱和半干旱地区的农业生产尤为重要。

4.2 变量施肥技术

变量施肥技术是精准农业中另一种重要的管理措施，它通过利用土壤养分地图来指导肥料的施用，避免了传统施肥过程中存在的过量或不足问题，从而提高了肥料的利用率。首先，通过对农田进行详细的土壤取样和分析，可以得到各个地块的养分分布情况，生成土壤养分地图。这张地图详细记录了不同区域的氮、磷、钾等主要养分的含量以及微量元素的状态。在施肥过程中，变量施肥机根据土壤养分地图提供的信息，调整施肥量和施肥位置，确保每个地块都能获得最合适的养分供给。例如，在土壤养分较高的区域，可以适当减少肥料施用量；而在养分较低的区域，则需要增加施肥量。这样不仅能够满足作物生长的需求，还能防止因过度施肥导致的环境污染问题。此外，变量施肥技术还可以

结合作物生长模型和历史产量数据,进一步优化施肥方案,提高肥料的利用效率。通过这种方式,不仅可以降低生产成本,还能提高作物产量和品质,实现经济效益和生态效益的双赢。

5 土壤健康监测技术面临的挑战

5.1 技术成本高昂

高精度监测设备和数据处理平台的高昂成本是制约土壤健康监测技术在精准农业中广泛应用的主要障碍之一^[1]。目前,市场上大多数高精度传感器、无人机、卫星遥感设备以及先进的数据处理平台都需要较大的初期投资。对于许多小型农户和中小型企业而言,这些设备和系统的购置费用远远超出了他们的经济承受能力。此外,维护和运营这些高科技设备也需要专业的技术支持和定期校准,进一步增加了长期使用的成本。高昂的成本不仅限制了技术的普及速度,还可能导致技术应用的不均衡,加剧农业生产的区域差异。因此,如何通过技术创新和政策扶持,降低高精度监测设备和数据处理平台的成本,成为推动精准农业发展的关键任务。

5.2 数据采集标准不一致

数据准确性是土壤健康监测技术在精准农业中应用的核心问题之一。不同的监测方法,如土壤采样、遥感技术和地面传感器,各自具有独特的优缺点和适用范围。然而,这些方法之间存在数据一致性和可比性的问题。例如,土壤采样通常提供的是点状数据,而遥感技术则提供的是面状数据,两者在空间分辨率和时间尺度上存在较大差异。此外,不同品牌和型号的传感器也可能因为测量原理和校准方法的不同,导致数据偏差。这些问题不仅影响了数据分析的可靠性,还可能误导农业生产决策。为了提高数据的准确性和一致性,需要进一步研究和开发标准化的数据采集和处理方法,建立统一的数据标准和规范,确保多源数据的无缝对接和有效融合。

5.3 数据融合分析面临技术难题

多源异构数据的融合分析是实现精准农业的关键环节,但目前仍面临诸多技术难题。在精准农业中,需要整合来自土壤传感器、气象站、无人机遥感、卫星影像等多种来源的数据,这些数据在格式、时间分辨率和空间分辨率上存在显著差异。如何有效地将这些异构数据进行融合分析,提取有价值的信息,是当前研究的重点和难点。首先,数据预处理是融合分析的前提,需要解决数据清洗、缺失值填补和异常值检测等问题。其次,数据融合方法的选择也至关重要,常用的融合方法包括统计融合、模型融合和机器学习融合等,但每种方法都有其适用条件和局限性。最后,融合后的数据还需要通过可视化和解释,帮助农业生产者直观地理解农田的实际情况,做出科学合理的管理决策。因此,开发高效、可靠的数据融合技术,是推动精准农业发展的关键所在。

6 技术挑战的解决方案

6.1 技术创新与规模化生产

为了解决高昂成本问题,可以通过技术创新和规模化生产来降低成本。一是加大对传感器、无人机、卫星遥感等核心技术的研发投入,推动技术进步和性能提升,使设备更加高效、耐用和经济。二是通过规模化生产和供应链优化,降低生产成本和物流费用。也可以探索模块化设计和标准化生产,使设备和系统更易于组装和维护,减少售后服务成本。政府和科研机构也可以通过补贴和政策支持,鼓励企业进行技术研发和市场推广,进一步降低农户和企业的经济负担。

6.2 建立标准化数据采集与处理体系

要制定统一的数据标准和规范,明确数据采集的方法、频率、精度要求等,确保各监测方法之间的数据具有可比性。同时建立数据校正和验证机制,通过实验室分析和现场校准,消除不同设备和方法之间的系统误差。开发数据融合和校正软件,利用统计学和机器学习方法,对多源数据进行综合处理,提高数据的准确性和可靠性。加强数据共享和开放,建立国家或地区级的土壤健康数据库,促进数据的交流和利用,为科学研究和农业生产提供有力支持。

6.3 开发高效数据融合与分析平台

构建一体化的数据管理平台,实现对土壤传感器、气象站、无人机遥感、卫星影像等多源数据的集中管理和存储。平台应具备强大的数据清洗、预处理和标准化功能,确保数据的质量和一致性。开发先进的数据融合算法,结合统计学、机器学习和深度学习等技术,实现对多源数据的自动融合和智能分析。平台应提供丰富的可视化工具和决策支持功能,帮助农业生产者直观地理解和利用数据,制定科学合理的管理决策。加强跨学科合作,整合计算机科学、地理信息科学、农学等领域的研究成果,共同攻克数据融合与分析的技术难题。

7 结语

随着技术的不断进步和政策的大力支持,土壤健康监测技术将在更大范围内推广应用,为实现农业可持续发展和保障粮食安全提供强有力的技术支撑。开发和应用这些技术不仅有助于提高农业生产效率,还能促进生态环境保护,具有重要的社会和经济意义。

参考文献

- [1] 高明瑜.农田土壤污染的监测及修复方法探究[J].河南农业,2021(17):53-54.
- [2] 高旭,罗浩,张光,等.土壤生态环境健康监测与评价技术现状与展望[J].环境监测与预警,2021,13(5):38-44.
- [3] 高兰.土壤环境监测技术的现状及展望[J].黑龙江环境通报,2022,35(4):104-107.