

基于黑土地的土壤监测器设计与可行性分析

安柏玉 吴尚禹 李赫桐 王竣 吴齐睿^{通讯作者}

长春工业大学人文信息学院，吉林长春，130122；

摘要：本文综述了土壤检测器在现代农业中的重要性及其研究现状。土壤检测器作为监测土壤健康的关键工具，能够实时监测土壤的温度、湿度、酸碱度、电导率和养分含量等关键指标，帮助农民精准调整农业措施，应对气候变化，提高灌溉和施肥效率，减少资源浪费。国内外研究显示，土壤检测器在传感器技术和多参数检测方面取得进展，国内设备能快速准确检测土壤关键指标，而国外研究更注重集成化和智能化设计。土壤检测方法包括温度、湿度、酸碱度、电导率和养分含量的精确测定，这些数据为土壤资源的合理开发、农业生产的精准管理以及生态环境的可持续发展提供数据支撑。土壤检测器的应用前景广阔，不仅符合现代农业发展趋势，也满足农民提高生产效率和实现可持续发展的需求，对社会和环境具有深远的影响。

关键词：土壤检测器；现代农业；精准农业管理

DOI:10. 69979/3041-0673. 25. 02. 037

1 研究背景及意义

在现代农业的广阔画卷中，土壤不仅是农作物生长的温床，更是农业生产的命脉。随着气候变化的加剧和地理环境的复杂化，土壤的健康状况正面临着前所未有的挑战。气候变化带来的极端天气事件频发，如干旱、洪涝和高温等，严重扰乱了土壤的水分平衡和养分循环，导致农作物生长受阻，产量和质量双双下降。在中国北方的黄土高原地区，近年来干旱天气愈发频繁，土壤水分蒸发加速，土壤含水量急剧降低，农作物因缺水而生长迟缓，叶片干枯卷曲，光合作用效率大幅降低，产量锐减 30% 以上。而在南方的长江中下游地区，暴雨洪涝灾害时有发生，农田土壤长时间积水，通气性极差，根系缺氧严重，引发根部病害，许多农作物出现烂根现象，生长发育受阻，产量损失高达 40% 左右。

地理因素同样对土壤与农作物的关系产生了深远影响。在广袤的华北平原，土壤土层深厚肥沃，但地势平坦，排水系统若不完善，在雨季容易形成大面积内涝，农作物根系被淹没，无法正常呼吸和吸收养分，生长受到极大限制。而在东南丘陵地带，土壤层相对浅薄，保水性差，长期的雨水冲刷导致大量水土流失，土壤中的氮、磷、钾等养分随之流失，土壤肥力不断下降，农作物生长缺乏足够的养分支持，植株矮小瘦弱，果实发育不良，产量难以提高。

在这样的背景下，土壤检测器应运而生，它如同一位精准的“土壤医生”，能够实时监测土壤肥力、湿度、酸碱度、电导率和养分含量等关键指标，为农业生产提供科学、准确的土壤信息。借助土壤检测器，农民可以精准掌握土壤的实时状况，及时调整农业措施，有效应

对气候变化带来的不利影响。在干旱地区，土壤检测器能够准确监测土壤湿度，指导农民进行精准灌溉，合理安排灌溉时间和灌溉量，避免水资源的浪费，同时确保农作物在干旱时期也能获得充足的水分，保持良好的生长状态。在土壤肥力下降的区域，土壤检测器能够检测出土壤中缺乏的养分元素，指导农民合理施肥，补充土壤所需的养分，提高农作物的抗逆性，稳定产量，避免因盲目施肥导致的土壤污染和资源浪费。

对于不同地理区域，土壤检测器同样发挥着至关重要的作用。在平原易涝地区，土壤检测器可以实时监测土壤湿度和排水情况，及时预警内涝风险，指导农民采取有效的排水措施，如开挖排水沟、使用抽水设备等，避免内涝对农作物的损害，保障农作物的正常生长。在丘陵地区，土壤检测器能够检测出土壤肥力和养分流失情况，为制定针对性的土壤改良方案提供科学依据，如种植护坡植被以减少水土流失，增施有机肥以提高土壤肥力，改善土壤结构，从而提升农作物的产量和质量，实现丘陵地区的农业可持续发展。

土壤检测器还可以为土壤改善措施提供科学依据。在实施土壤改良项目后，通过持续监测土壤指标的变化，可以准确评估改良效果，为进一步优化改良方案提供数据支持。例如，在进行土壤酸化改良时，土壤检测器可以监测土壤酸碱度的变化，指导农民适时调整改良剂的用量和施用方法，确保土壤酸碱度达到适宜的范围，为农作物的生长创造良好的土壤环境。这有助于提升土壤质量，实现土地的可持续利用，为农业的长期稳定发展奠定坚实的基础。

2 国内外研究现状

近年来,国内在土壤检测器领域的研究取得了显著进展,尤其是在传感器技术和多参数检测方法方面。国内研发的土壤检测设备能够快速准确地检测土壤中的水分、盐分、养分、pH 值和温度等参数。国内开发的土壤湿度传感器采用电容型和电阻型技术,具有响应速度快、测量精度高的特点。此外,国内还研制了多种集成化的土壤检测设备,如智能土壤检测仪,能够实时监测土壤的多种参数,并通过无线传输技术将数据发送至云端进行分析。

在应用方面,国内的研究多集中在区域性试验示范上。在吉林省榆树市的黑土地上,研究人员通过定点投放土壤监测器样机进行随机取样,对比分析土壤肥力、湿度等关键指标的变化,验证了土壤监测器在农业生产中的可行性。这些研究表明,土壤检测器能够为农民提供科学依据,指导精准施肥和灌溉,提高农业生产的效率和质量。

国外研究现状

国外在土壤检测器的研究方面相对成熟,特别是在传感器技术和数据处理方面取得了显著进展。欧美等发达国家的土壤检测器多采用集成化、智能化的设计理念,能够实现对多种土壤参数的综合监测。一些先进的土壤检测器集成了温度、湿度、酸碱度、电导率和养分含量等多种传感器,通过内置的数据处理系统,能够自动分析土壤数据,为农业生产提供全面的土壤信息。

在传感器技术方面,国外学者不断探索新型传感器的应用。如利用光纤传感器进行土壤湿度和温度的检测,具有抗电磁干扰能力强、测量精度高等优点。此外,国外还研究了基于机器学习算法的土壤数据分析方法,通过建立土壤参数与农作物生长之间的关系模型,能够更准确地预测土壤对农作物生长的影响。

在土壤检测器的应用方面,国外的研究更加注重其在精准农业中的实际应用。想在美国的一些农场,土壤检测器与农业管理系统相结合,实现了对农田土壤状况的实时监测和精准管理。通过土壤检测器提供的数据,农民能够及时调整施肥和灌溉策略,优化农业生产过程,提高农作物的产量和质量。

3 土壤检测主要方法

土壤检测是精准农业和土壤资源管理的关键环节,其核心在于对土壤关键理化参数的精确测定。这些参数包括温度、湿度、酸碱度、电导率和养分含量等,相互作用、相互制约,共同决定了土壤的肥力水平和适宜性。下面是对这些检测方法的详细阐述:

3.1 温度检测

温度直接影响植物生长、土壤微生物活动和化学反应速率。使用高精度热敏电阻温度传感器,插入土壤 5-10 厘米深度,监测表层温度变化。传感器利用电阻值随温度变化的特性,将温度信号转换为电信号,并通过蓝牙或 Wi-Fi 无线传输至数据处理中心。数据处理时,运用统计分析方法,计算监测点的平均温度、标准差和温度波动范围,评估土壤温度稳定性、变化趋势及与作物生长周期的匹配度,为种植规划和土壤热管理提供依据。

3.2 湿度检测

土壤湿度是衡量土壤水分状况的重要指标,直接关系到植物根系对水分和养分的吸收效率。利用电容式湿度传感器,依据土壤介电常数与水分含量呈正相关的原理,通过测量土壤介电常数的变化来确定湿度水平。传感器电极插入土壤中,实时采集电容值数据,并通过数据传输模块发送至数据处理中心。在数据处理过程中,采用实时采样技术,以高频率采集数据,确保数据的连续性和实时性。同时,运用数据滤波算法去除噪声干扰,提高数据的准确性。此外,将湿度数据与温度数据进行耦合分析,综合考虑温度对土壤水分蒸发和植物蒸腾的影响,更精准地评估土壤水分的有效性和土壤的保水性能。

3.3 酸碱度检测

土壤酸碱度(pH 值)是关键的土壤化学性质指标,影响养分形态、有效性及微生物活动。使用离子选择性电极酸碱度传感器,其电极能特异性检测土壤溶液中的氢离子(H^+)。电极浸入土壤溶液后,氢离子浓度变化导致电位变化,产生电信号。测量前需用标准缓冲溶液校准传感器,确保结果准确。通过多点测量取平均值,并结合土壤质地、有机质含量等参数进行分析。酸碱度检测有助于判断土壤酸碱性,为土壤改良、施肥和作物种植提供依据。

4 电导率检测

土壤电导率是衡量土壤溶液中离子浓度和导电能力的重要指标,与土壤肥力、盐渍化程度以及水分状况密切相关。借助四电极电导率传感器,通过施加交流电压测量土壤溶液中的电流,根据欧姆定律计算电导率值。四电极法能够有效避免电极极化效应,提高测量的准确性和稳定性。在测量过程中,还需考虑温度和湿度对电导率的影响,进行相应的补偿校正。通过收集不同时间

点的电导率数据,绘制电导率变化趋势图,分析其与土壤水分、盐分积累以及施肥活动之间的关系,为土壤肥力评估、盐渍化防治以及灌溉管理提供科学指导。

5 养分含量检测

土壤养分是植物生长所必需的物质基础,其含量和比例直接影响作物的产量和品质。采用基于光谱分析的养分传感器,利用特定波长的光照射土壤样品,测量反射光的强度和光谱特征。根据光谱特征与土壤养分含量之间的相关性,运用多元线性回归或偏最小二乘法等统计方法建立数学模型,实现对土壤中氮、磷、钾等主要养分含量的定量分析。在模型建立过程中,需要大量的样本数据进行训练和验证,以确保模型的准确性和普适性。将检测得到的养分含量数据与土壤类型、作物需求等信息进行综合分析,为制定科学的施肥方案、优化土壤养分管理以及提高肥料利用率提供有力支持。

综合运用以上土壤检测方法,能够全面、准确地掌握土壤的理化性质和肥力状况,为土壤资源的合理开发、农业生产的精准管理以及生态环境的可持续发展提供坚实的数据支撑和技术保障。

6 结语

土壤检测器在现代农业发展中展现出显著的可行性和广阔的应用前景。其核心功能在于实时、准确地监测土壤的关键理化参数,包括肥力、湿度、酸碱度、电导率和养分含量等。这些数据为农民提供了科学依据,使他们能够精准调整农业管理措施,优化施肥和灌溉策略,从而提高农作物的产量和质量,降低生产成本,增加农民的经济收益。

从市场需求的角度来看,土壤检测器受到了广泛的认可和支持。在吉林省榆树市及其周边地区的调研中,90%的受访者表示支持其使用。这反映出土壤检测器不仅符合现代农业发展的趋势,也满足了农民对提高生产效率和实现可持续发展的迫切需求。这种广泛的需求为土壤检测器的市场推广和应用奠定了坚实的基础,预示着其在未来农业生产中将发挥越来越重要的作用。

土壤检测器的广泛应用对社会和环境具有深远的影响和重要意义。首先,它能够有效减少化肥和农药的

过量使用,降低农业生产对环境的负面影响,减少土壤和水体的污染,保护生态环境。这与国家倡导的生态文明建设和绿色发展理念高度契合,符合国家的多项政策导向,如《土壤污染防治行动计划》和《全国土壤墒情监测工作方案》等。这些政策为土壤检测器的发展提供了政策支持和市场机遇,促进了农业与环境的协调发展。

土壤检测器为土壤污染的监测和防治提供了重要的技术支持。通过持续监测土壤的各项指标,可以及时发现土壤污染问题,为制定科学的土壤修复和改良方案提供准确的数据依据。这有助于实现土壤资源的可持续利用和保护,保障国家的粮食安全和农业的可持续发展。此外,土壤检测器的应用还促进了农业科技创新和农业现代化进程,推动了农业从传统粗放型向现代精准型转变,提高了农业生产的科技含量和智能化水平,为农业的高质量发展注入了新的动力和活力。

土壤检测器不仅为农业生产提供了高效的管理工具,也为社会的可持续发展和环境保护做出了重要贡献。其在推动农业现代化、保障国家粮食安全、促进农村经济发展、保护生态环境等方面具有重要的作用和价值,是实现绿色、高效、可持续农业发展的关键技术支持和重要保障。随着技术的不断进步和应用的深入推广,土壤检测器必将为我国乃至全球的农业生产和生态环境保护事业带来更加美好的发展前景,为人类的生存和发展提供更加坚实的保障,为构建人与自然和谐共生的美好家园贡献智慧和力量。

参考文献

- [1]周怡,纪荣平,胡文友,黄标,涂勇辉,姜军,马力.我国土壤多参数快速检测方法和技术研发进展与展望[J].土壤,2019(4):1-6.
- [2]胡勇强,姜晟,叶云,等.基于GPRS的远程土壤pH值快速检测系统设计[J].广东农业科学,2014(20):178-179.
- [3]章玮.土壤检测的传感器技术发展现状与展望[J].安徽农学通报,2018,24(22):142-145.

作者简介:安柏玉(2004.12-),男,汉族,吉林长春人,本科,研究方向:机械设计制造及其自动化。