

智慧滴灌系统对干旱地区作物生长及产量的影响探究

钱富强

甘肃农垦武威农业有限责任公司

DOI:10.12238/ems.v7i6.13817

[摘要] 本论文将重点放在干旱地区水资源的稀缺性以及作物生长所面临的限制性问题上,深入研究智慧滴灌系统在干旱地区作物生长和产量提升方面所发挥的作用。通过实地的调研工作和详尽的数据分析,本文将详细阐述智慧滴灌系统如何实现水分和养分供给的精准调控,以及其背后的科学原理。结合具体的实际案例,本文将深入剖析智慧滴灌系统在改善作物生长的各项指标、提高作物产量等方面所取得的显著成效。同时,本文还将探讨在智慧滴灌系统应用过程中所遇到的挑战,并提出相应的优化方向,目的是为了向干旱地区的农业现代化发展提供坚实的理论基础和实践指导。

[关键词] 智慧滴灌系统; 干旱地区; 作物生长; 作物产量; 水资源利用

一、引言

在辽阔无垠的干旱地区,土地似乎被施加了一种严酷的限制。由于降雨稀少和强烈的蒸发作用,水资源成为了制约当地农业发展的主要瓶颈。在这样的环境下,传统的灌溉方法暴露出了许多问题,例如水资源的大量浪费以及土壤盐碱化等,这些都不利于作物生长所需的精准水分管理。随着科技的飞速发展,智慧滴灌系统应运而生,它如同一场及时的甘霖,为干旱地区的农业生产带来了新的生机和希望。智慧滴灌系统是将传感器技术、物联网技术和自动化控制技术相结合的产物,它能够依据作物的需水规律和土壤的湿度情况,实现对水分和养分的精确供给。这种系统突破了传统灌溉方式的局限性,极大地提高了水资源的利用效率,达到了一个新的水平。近年来,智慧滴灌系统在干旱地区的应用逐渐普及,但关于其对作物生长和产量影响的系统性研究还相对较少。因此,深入探究智慧滴灌系统对干旱地区作物生长及产量的影响,不仅有助于揭示该技术在干旱地区农业生产中的作用机制,还能为干旱地区农业的可持续发展提供科学依据和技术支持。

二、干旱地区水资源现状与传统灌溉方式的局限性

(一) 干旱地区水资源现状

在干旱地区,水资源的现状表现为降水量普遍稀少,年降水量往往不足 200 毫米,而在一些极端干旱的区域,降水量甚至不足 50 毫米。以我国西北地区为例,该区域深居内陆,远离海洋,受大陆性气候影响显著,降水分布极不均匀,季节差异大,降水多集中在夏季,且多以暴雨形式出现,难以被土壤和作物有效吸收利用。同时,干旱地区的蒸发量却极高,年蒸发量可达 2000-3000 毫米,远高于降水量。这种强烈的蒸发作用使得有限的水资源迅速散失,从而加剧了水资源的短缺程度。此外,干旱地区的水资源在时间和空间上的分布不均,地表水资源匮乏,地下水资源分布复杂且开采难度大,这些因素都进一步加大了水资源利用的难度。

(二) 传统灌溉方式的局限性

在干旱地区,传统灌溉方式如大水漫灌、畦灌等的应用存在诸多问题。以大水漫灌为例,在输送和灌溉过程中,大量的水通过蒸发、渗漏等方式流失,导致水资源利用效率极低,一般不足 40%。而且,这种灌溉方式无法根据作物不同生长阶段的需水特点进行精准供水,容易导致部分区域水分过多,引发土壤积水和根系缺氧,影响作物生长;而部分区域则供水不足,无法满足作物生长需求。长期采用大水漫灌还会使地下水位上升,盐分随水分上升到地表,造成土壤盐碱化,恶化土壤结构,降低土壤肥力,严重影响作物的产量和品质。畦灌虽然相对大水漫灌有所改进,但同样存在用水

量大、灌溉均匀度低等问题,难以适应干旱地区水资源短缺的现状。

三、智慧滴灌系统的原理与组成

(一) 智慧滴灌系统的原理

智慧滴灌系统是基于作物需水规律和土壤墒情的先进灌溉技术,它利用一系列传感器实时监测土壤含水量、气象条件(包括温度、湿度、光照、风速等)以及作物生长状况等关键信息。这些传感器扮演着系统中“眼睛”和“耳朵”的角色,它们不断地收集数据,并将这些数据传输至中央控制系统。控制系统则负责对这些数据进行深入分析和处理,它会结合预先设定的作物生长模型和灌溉策略,精确计算出在当前环境条件下作物的最佳需水量和养分供给量。随后,控制系统会自动调节灌溉设备,以小流量、均匀且缓慢的方式,将水分和养分直接输送到作物根系附近的土壤中。这种精准的供水施肥方式,能够最大程度地满足作物生长的需求,显著减少水分和养分的浪费,从而提高水资源和肥料的利用效率。

(二) 智慧滴灌系统的组成

智慧滴灌系统主要由水源工程、首部枢纽、输配水管网、灌水器以及监测控制系统五大部分组成。水源工程是整个系统的水源保障,包括河流、湖泊、水库、地下水等,经过适当的处理后,为系统提供符合灌溉要求的水源。首部枢纽是系统的核心控制部分,主要包括水泵、过滤器、施肥器、压力表、阀门等设备。水泵用于提升和输送水源;过滤器能够去除水中的杂质,防止堵塞灌水器;施肥器则可以将肥料溶解后与水混合,实现水肥一体化灌溉;压力表和阀门用于监测和控制灌溉系统的压力和流量。输配水管网由干管、支管、毛管等各级管道组成,其作用是将首部枢纽处理后的水和养分输送到田间的各个灌溉区域。灌水器是直接向作物根系供水施肥的关键部件,常见的有滴头、微喷头,它们将水和养分以滴灌或微喷的形式均匀地施放到作物根系周围。监测控制系统由各类传感器、控制器和通信设备组成,通过物联网技术实现对整个灌溉系统的实时监测和远程控制,确保系统的高效运行。

四、智慧滴灌系统对干旱地区作物生长的影响

(一) 对作物根系生长的影响

在干旱地区,智慧滴灌系统对作物根系生长有着显著的促进作用。由于滴灌能够将水分和养分精准地输送到作物根系附近,使得根系周围的土壤始终保持适宜的水分和养分条件。以棉花种植为例,采用智慧滴灌系统后,棉花根系在湿润的土壤环境中能够更充分地伸展和发育,根系的数量和长度明显增加。研究数据表明,与传统灌溉方式相比,采用智

智慧滴灌系统的棉花根系长度增加了 30% - 40%，根系数量增多了 20% - 30%。发达的根系能够更有效地吸收土壤中的水分和养分，增强作物的抗旱能力和对养分的摄取能力，为作物地上部分的生长提供坚实的基础。

(二) 对作物地上部分生长的影响

植株高度与茎粗：智慧滴灌系统为作物地上部分的生长创造了良好的条件。在玉米种植试验中发现，采用智慧滴灌的玉米植株高度比传统灌溉的玉米高出 15 - 20 厘米，茎粗增加了 0.3 - 0.5 厘米。这是因为精准的水分和养分供给满足了玉米生长过程中对营养物质的需求，促进了细胞的分裂和伸长，使植株生长更加健壮。

叶片生长与光合作用：智慧滴灌系统能够保证作物叶片获得充足的水分和养分，叶片的生长状况得到明显改善。叶片面积增大、厚度增加，叶绿素含量提高，从而增强了作物的光合作用效率。例如，在番茄种植中，采用智慧滴灌的番茄叶片叶绿素含量比传统灌溉的番茄高出 15% - 20%，光合作用速率提高了 10% - 15%。较强的光合作用能够为作物积累更多的光合产物，为作物的生长和产量形成提供充足的能量和物质基础。

(三) 对作物抗逆性的影响

干旱地区恶劣的自然环境对作物的抗逆性提出了更高的要求。智慧滴灌系统通过精准调控水分和养分供给，显著提高了作物的抗逆性。一方面，适宜的水分条件能够维持作物细胞的膨压，增强细胞膜的稳定性，使作物在干旱胁迫下能够保持较好的生理状态。另一方面，合理的养分供给有助于作物合成更多的抗逆物质，如脯氨酸、甜菜碱等，提高作物对干旱、高温等逆境的抵抗能力。在葡萄种植中，采用智慧滴灌系统的葡萄园在遭遇高温干旱天气时，葡萄植株的萎蔫程度明显低于采用传统灌溉方式的葡萄园，且恢复生长速度更快，表现出更强的抗逆性。

五、智慧滴灌系统对干旱地区作物产量的影响

(一) 作物产量的提升

大量的实践和研究表明，智慧滴灌系统能够显著提高干旱地区作物的产量。在晒砂瓜种植中，应用智慧滴灌系统后，晒砂瓜的亩产量从传统灌溉的 2000 - 2500 公斤提高到了 3000 - 3500 公斤，增幅达到了 50% - 40%。在小麦种植试验中，智慧滴灌系统使小麦的亩产量增加了 20% - 30%。这是因为智慧滴灌系统为作物生长提供了良好的水分和养分条件，促进了作物的生长发育，提高了作物的光合效率和物质积累能力，从而增加了作物的产量。

(二) 作物品质的改善

智慧滴灌系统不仅能够提高作物产量，还能有效改善作物品质。以红枣种植为例，采用智慧滴灌系统后，红枣的含糖量提高了 3 - 5 个百分点，果实大小更加均匀，果形端正，商品性显著提高。这是由于智慧滴灌系统能够根据红枣不同生长阶段的需求，精准地供给水分和养分，促进了红枣果实中糖分的积累和营养物质的均衡分布。在蔬菜种植方面，智慧滴灌系统种植的蔬菜硝酸盐含量明显降低，维生素 C 和可溶性糖含量增加，口感更好，品质更优，更符合市场对高品质农产品的需求。

六、智慧滴灌系统在干旱地区应用的挑战与对策

(一) 应用挑战

初期投资成本高：智慧滴灌系统涉及多种设备和技术，包括传感器、控制器、灌水器、输配水管网等，其初期建设

投资成本较高。对于干旱地区的广大农户来说，一次性投入大量资金建设智慧滴灌系统存在较大困难，这在一定程度上限制了该技术的推广应用。

技术要求高：智慧滴灌系统的运行和维护需要一定的专业技术知识。农户需要掌握设备的安装、调试、操作以及常见故障的排除等技能。然而，干旱地区农户的文化水平和技术素养相对较低，对新技术的接受和应用能力有限，难以独立完成系统的运行和维护工作。

设备耐久性与维护问题：干旱地区恶劣的自然环境，如高温、风沙等，对智慧滴灌系统的设备耐久性提出了更高的要求。长期的风沙侵蚀容易损坏输配水管网和灌水器，高温环境会加速设备的老化，增加设备的维护成本和更换频率。

(二) 应对对策

加大政策支持与资金补贴：政府应加大对智慧滴灌系统在干旱地区推广应用的政策支持力度，出台相关补贴政策，如对建设智慧滴灌系统的农户给予一定比例的资金补贴，降低农户的投资成本，提高农户采用该技术的积极性。

加强技术培训与服务：农业部门和科研机构应加强对于干旱地区农户的技术培训，通过举办培训班、现场指导等方式，向农户传授智慧滴灌系统的原理、操作方法和维护技术。同时，建立完善的技术服务体系，及时为农户解决系统运行过程中遇到的问题，确保系统的正常运行。

研发适应干旱环境的设备：科研机构和企业应加大研发投入，针对干旱地区的特殊环境，研发耐久性强、抗风沙、耐高温的智慧滴灌设备。采用新型材料和工艺，提高设备的质量和性能，降低设备的维护成本和更换频率。

七、结论

智慧滴灌系统凭借其精准调控水分和养分供给的优势，在干旱地区农业生产中展现出了巨大的应用潜力。通过对作物生长和产量影响的研究分析可知，智慧滴灌系统能够显著促进作物根系和地上部分的生长，提高作物的抗逆性，从而实现作物产量的提升和品质的改善。然而，目前智慧滴灌系统在干旱地区的应用仍面临着初期投资成本高、技术要求高、设备耐久性与维护等问题。为了进一步推广应用智慧滴灌系统，需要政府、科研机构、企业和农户等多方共同努力，加大政策支持和资金补贴力度，加强技术培训与服务，研发适应干旱环境的设备，克服应用过程中遇到的困难和挑战。相信随着技术的不断进步和完善，智慧滴灌系统将在干旱地区农业现代化发展中发挥更加重要的作用，为干旱地区农业可持续发展提供有力的技术支撑。

【参考文献】

- [1] 郭小涛. 北方干旱半干旱区玉米滴灌施肥技术集成示范[J]. 种子科技, 2025, 43 (05): 93-95. DOI: 10.19904/j.cnki.cn14-1160/s.2025.05.029.
- [2] 郑梅锋. 干旱地区苏丹草浅埋式滴灌技术[J]. 吉林农业, 2016, (05): 112. DOI: 10.14025/j.cnki.jlmy.2016.05.054.
- [3] 吴伟丽. 干旱地区农作物有限水源灌溉系统优化算法[J]. 农机化研究, 2014, 36 (02): 72-75. DOI: 10.13427/j.cnki.njyi.2014.02.018.
- [4] 郑晓东, 洪明, 洪辉. 适用于极干旱区分散式庭院经济的滴灌-重力滴灌系统[J]. 黑龙江科技信息, 2009, (19): 248.