

作物逆境生理的植衡者干预策略：干旱胁迫下的智能水肥协同调控

刘青政, 张宇泽, 牛思源, 刘韩震, 戴明*

绥化学院, 黑龙江 绥化 152061

DOI:10.61369/EST.2025110019

摘要： 本文主要介绍了农作物干燥胁迫响应机理以及基于作物需水需肥量、土壤含水量及天气情况下的智能水肥一体化调控措施的研究。通过对干旱对农作物影响机理分析并提出依据作物需求量、土壤含水量及天气情况下的智能水肥一体化调控措施来提高农作物抗旱性。提高资源利用效率，为我们的现代农业可持续发展提供了科学依据。

关键词： 作物逆境生理；干旱胁迫；智能水肥；协同调控；植衡者干预

Intervention Strategies of Plant Balance Regulators in Crop Adversity Physiology: Intelligent Coordinated Regulation of Water and Fertilizer under Drought Stress

Liu Qingzheng, Zhang Yuze, Niu Siyuan, Liu Hanzhen, Dai Ming*

Suihua University, Suihua, Heilongjiang 152061

Abstract： This paper primarily introduces the response mechanism of crops to drought stress and research on intelligent integrated water and fertilizer regulation measures based on crop water and fertilizer requirements, soil moisture content, and weather conditions. By analyzing the mechanism of drought's impact on crops, intelligent integrated water and fertilizer regulation measures are proposed based on crop requirements, soil moisture content, and weather conditions to enhance crop drought resistance. This approach improves resource utilization efficiency and provides a scientific basis for the sustainable development of modern agriculture.

Keywords： crop adversity physiology; drought stress; intelligent water and fertilizer; coordinated regulation; plant balance regulator intervention

引言

在变暖的全球气候背景下，干旱越来越频繁和严重，给农业生产造成巨大压力。据统计，因干旱导致的农业经济损失高达每年数十亿至数百亿美元。因此，深入了解植物应对胁迫挑战的生物学过程并采取有效的措施非常必要^[1]。在此基础上，本研究拟探讨基于智能化控水控肥调控模式下干旱胁迫条件下对植株抗性的影响，为实现智能化控水控肥提升作物抗性的应用奠定基础。

一、作物逆境生理的植衡者干预策略：干旱胁迫下的智能水肥协同调控重要性

近些年来提出了水肥耦合的智能化调控的新概念：利用控制性智能化手段调节植物生长发育中最为重要的两个环境因子即水

分和营养之间的关系并借以提高农作物产量以及水资源肥料利用率的一种技术策略。而水肥一体化系统的应用推广具有保护我们赖以生存的生态环境的重大意义。现阶段，因为田间施加过多或者不合理的肥料会导致种植成本增加，并对土壤以及水资源造成严重的环境污染；如果灌溉用水过多，则会造成肥料损失，并加

课题信息：植衡者－作物生理调控与智慧农业系统项目编号：D1XJ2521141。

作者简介：

刘青政（2006.02—），男，汉族，黑龙江省绥化人，本科学历，现就读于绥化学院，农学专业全日制本科学士，课题：植衡者－作物生理调控与智慧农业系统。

张宇泽（2006.02—），男，汉族，黑龙江省绥化人，本科学历，现就读于绥化学院，农学专业全日制本科学士，课题：植衡者－作物生理调控与智慧农业系统。

牛思源（2006.02—），男，汉族，黑龙江省齐齐哈尔人，本科学历，现就读于绥化学院，农学专业全日制本科学士，课题：植衡者－作物生理调控与智慧农业系统。

刘韩震（2006.06—），男，汉族，黑龙江省尚志人，本科学历，现就读于绥化学院，农学专业全日制本科学士，课题：植衡者－作物生理调控与智慧农业系统。

通讯作者：戴明（1982.03—），女，汉族，黑龙江省绥化市人，硕士研究生学历，绥化学院就职，农学专业讲师，主要植物学、植物生理学等相关课程的教学工作，课题：主持省级课题结题1项。

大感染病虫害的可能性。只有广泛应用诸如一体化灌溉施肥等相关先进科学技术进行农业生产活动,这样才能够充分利用物联网技术的优势进行精准化监控以及精准化的种植,提高整个农业产业的效益,推动现代农业发展建设^[2]。

这种技术主要是借助于物联网技术,对大棚内部温度及湿度以及耕作层土壤中的水分含量和肥力情况实施监测,并根据获得信息资料采取相应的措施来达到灌溉和施肥的智能化的目的。提高农业生产管理水平,精准施肥提高肥料利用率,减少用工、资源消耗以及农田面源污染。主要的研究方向有以下几点:第一是智能感知并存储温室大棚内部环境信息(温湿度、土壤水分含量);第二是农作物种植地影像采集以及生产过程动态监控;第三个步骤是对于整个过程中的数据信息进行分析;第四个方面就是利用手机来进行远程喷灌以及统一控制。

干旱胁迫严重影响作物的生长及发育过程,最终导致作物产量及品质下降。据估计,在轻度干旱条件下可引起作物减产,严重干旱条件下的作物会颗粒不收。常规耕作模式难以解决这一难题,导致很多资源的浪费。因此利用智能控制灌溉水量及施肥量可显著提高水分肥料利用率,并增强作物抗旱能力,保证粮食安全;应用该项技术能促进农业生产发展以及应对气候变化。同时具有重要战略意义^[3]。

二、干旱胁迫下的智能水肥协同调控

随着“物联网+”技术的发展,将智慧农业、精准农业等与之融合。并且开始应用在现代化农业上,如根据农作物浇灌情况、土壤变化情况及采集温湿度、风速等信息进行智能化控制,并逐渐发挥出重要作用。特别是在监测土壤含水量、土壤氮含量及土壤 pH 值方面。采用智能灌溉和施肥来提高作物产量已经成为农业科研人员不断研究和大力推广的对象。

伴随着信息化技术的发展以及现代农业化步伐的加快,越来越多的信息采集终端设备被应用在了农业领域之中,如条形码读卡器、射频识别技术(RFID)设备、热感探测仪及光电扫描器等。这也是互联网技术应用到田间,智能化的水肥管理系统使用各类传感器比如环境感应器、RFID 标签以及图像捕获器等等对种植环境进行全方位信息监测。在完成数据传送方式和格式转换的设定后,能够有效整合无线传感网络、互联网及通信网络等当代信息传输渠道,确保农作物相关数据实现多样化且稳定的传递;同时针对收集到的农业数据进行综合处理,借助智能调控设备达成农作物最佳生长状态的精准调控与自动化生产管理。通过集约化、优质、高效、高产、生态及安全生产模式,在我国农业领域急需借助于农业物联网实现农业生产自动化发展,提高生产率,节约成本,并减少人工投入^[4]。

(一) 基于作物生长模型的智能决策

作物生长模型是目前应用较为广泛的智能水肥耦合调控方法,其结合了作物生长生物性状信息、环境因子信息以及农学管理信息,并将其构成动态生长模型,可预测不同生长条件下需水量需求值和养分供应需求值。例如,玉米生长模型可以模拟玉米全生育期,并且根据土壤水分情况以及天气预报对灌溉和施肥方案进行调控,在研究表明该模型能够将玉米产量提高,同时也能够有效提升耗水量效率。

在构建合理的模型过程中,需全面考虑作物品种特性以及地块类型、气候条件等因素影响,借助 AI 技术对模型中的系数进行动态修正,在预计发生持续性干旱的情况下,则增加灌水量的同时减少施用氮肥,这样有利于促进植株生根,增强抗旱性。该方法的优点在于具有前瞻性及灵活性,可避免干旱的影响发生。

(二) 物联网驱动的实时监测与调控

借助物联网技术,在农田中布置传感装置监测土地水分、温度以及肥料等情况,并将这些信息传输至数据中心进行数据分析,实现远程控制管理。比如在新疆地区对棉花种植采用智能农业,可提高灌溉效率。包括土壤水分传感器、气象站以及作物生物物理学量传感器在内的传感器群,并运用数据集成技术将不同信息进行整合分析,提高判断精度;当监测到土壤水分不足时,自动启动灌溉程序,并根据作物长势控制施肥量。该机制能够对干旱条件做出快速响应,在一定程度上增强了植株抗旱性。

(三) 变量灌溉技术

根据作物对肥料、水分的需求状况,进行精准施肥和精准灌溉。运用 GIS 和 GPS 技术建立土壤墒情图、肥力图,指挥农机实施按需作业。例如在黄土高原地区采用这种方式后,小麦产量提升,水资源利用效率提高。该技术的操作包括了土地勘探、数据分析以及仪器控制三个方面,根据土壤性质将农田划分为不同的区域并制定个性化的灌溉方案,在缺水区域加大灌溉量,湿润区域减少灌溉量同时配以施肥。这样的空间利用方式节省了空间资源^[5]。

(四) 水肥一体化系统

水肥一体是指将灌溉用水与肥料混合后,通过滴灌管(带)或者喷灌枪头直接施放到作物根部的一种施肥方法;同时根据作物需肥规律及生长情况及时调整营养液成分和比例,如在南方果园中的实际应用表明其具有明显的提质增效作用,节水节肥效果明显。本系统的建立包括水源、主体、管道及灌溉机具。系统通过智能控制中心对水肥进行按感应器的数据进行调配,在干旱条件下加大灌水量,同时增施钾肥以增强作物的抗旱能力,二者结合发挥出更好的水肥调控效果。

(五) 根区调控技术

根区调控是指在不改变整个区域气候条件的前提下,对作物根系所处的小范围环境进行调节改善以增强作物耐旱能力的技术措施。主要的方法有调土改土法、覆膜保墒法以及小水灌溉法等。在西北干旱地区应用结果表明,该技术可有效提高农作物的产量及水分利用率。措施包括改良土壤物理条件、施用有机肥及覆盖物。局部灌溉可以定向向植物根系输送水肥资源,降低向下渗透量,在干旱条件下,有效提高作物吸水量。

(六) 气象预警与应急响应

根据气象数据分析以及旱灾预测建立干旱预警机制,并结合气象预报和作物模型提出应对干旱的对策建议,如在北京平地的应用案例证明了本系统的抗旱减灾效果。该系统主要包括3个模块:第一模块是获取并发布干旱预警信息;第二模块是依据预测模型对灌溉制度进行优化设计从而增强作物的抗旱性能;第三模块是对干旱发生后所采取的一系列应急措施,包括加大灌水周期、改变肥料比例、使用耐旱品种等。做到未雨绸缪降低干旱发生的概率。

三、作物逆境生理的植衡者干预策略

虽然整套水肥一体化智能管理系统设备对于普通种植户而言投入较大，所以推广速度较慢。目前很多农户只注重建设配套灌溉设施及设备更新，而没有做到前后环节技术的有机衔接，因而不能将技术有效应用于实际生产中以实现水肥一体化智能化的目的。一些需与水同施的化肥对溶解性和纯度的要求很高，目前市场上大多数水溶肥并不能达到这种要求；有的水溶肥料由于溶解速度慢或含杂质多而常导致滴头堵塞，降低微灌效率。主要原因是农户自身技术水平有限不能科学设计施工微滴灌设施，在使用后又未能做好设备维护工作影响到微滴灌系统的正常运行。

（一）品种选择与遗传改良

种植抗旱能力强的作物品种。利用生物技术培育根系发达、水分利用效率高以及抗氧化能力强的新品种。例如一些小麦品种在干旱条件下仍能获得较高的产量水平，可以通过传统的杂交育种技术和分子辅助育种技术相结合进行改良。借助诸如 CRISPR 的基因组编辑工具以及分子标记选择技术能够快速培育出抗旱性优良的新品种，并将其种植在干旱地区以实现农作物高产稳产的目的。

（二）土壤改良与保墒

土壤改良主要是提高土壤中的有机质以及改善土壤结构来实现增加土壤持水量的目的。通过覆盖或者免耕等措施减少水分蒸发。例如在土壤改良以后能够极大地提高土壤的持水量，最终达到增产的效果。其中包括施用有机肥、覆盖、改耕作制度等方面的内容。除此之外，还应该注意提高土壤中有机物质含量，改善其孔隙状况，并增强其蓄水能力；同时还可以通过一些抗旱措施减少地面蒸发量，以达到高效利用水资源的目的。

（三）灌溉制度优化

优化灌溉措施包括灌溉的时间、水量以及频率，在考虑农作物需水情况与土壤含水率的基础上，制定出适宜的灌溉计划。例如科学灌溉能够提高农业生产增长率，实施此措施的前提是充分研究作物需水规律，并监测土地含水率控制灌溉系统。精准灌溉技术能够为农作物关键生育期提供足够的水分供应，在干旱条件下改善了作物抗旱能力的同时节约了水资源。

（四）施肥策略调整

施肥管理主要是指合理施用肥料种类、用量及时期，根据作物需肥规律和土壤养分情况制定施肥方案，并进行土壤测试、植株诊断和肥料配方调整的技术措施，以达到精准供应作物所需养

分的目的。另外避免过量施肥的现象，在干燥的情况下，改良后的施肥方法能够提高作物的抵抗力。购置计算机控制终端、数据库服务器、机柜及演示末梢，包括操作台、集成显示屏等基础设施，改造全程监控及信息采集系统，完善全园种植区微喷灌水系统并安装电子水阀开关。采用传感装置实时监测田间内、外温湿度、光照度、墒情、地温、外界温度以及风速等数据；将上述数值通过互联网传输到管理中心，由管理中心进行数据解读，再由专业技术人员根据解读出的数据制定相应的管理办法。

一些农业建筑设施具有自动灌溉系统、电动天窗和风扇等机电设备，在控制室可以远程操作；技术人员可以通过移动电话连接到该控制系统来监视农场中传感器的数据，并基于其分析结果创建适当的营养配方来配制水和营养液组合物；随后，只需要在电脑上打开该系统控制页面，设定相应的运行程序即可开启或关闭温室中的各类电器设施比如电磁水阀等等。

（五）生长调节剂应用

植物生长调节剂如 ABA 可以提高作物抗旱性，并调节气孔关闭及促进根系发育来改善水分利用效率，如 ABA 增强作物抗旱性，可通过叶面施用或者直接在土壤中施加。此方法还可对植物内源激素进行调节，增强作物生物抗性。干旱条件下施用植物生长调节剂显著提高了作物存活率和产量。

（六）农业气象灾害防御

预防型农作气候灾害包括旱情预测、应急灌溉与保险措施。利用气象监测与应对以降低干旱的危害性。例如预防性措施能够缓解干旱的影响并增强农产品生产的稳定性。落实手段有建设气象监测网络、完善应急灌溉制度、发展农业保险。综合提高农业抗旱能力。当处于干旱条件下，防灾减灾有效降低了风险水平。

四、结束语

本文阐述了植物在遭受旱害时的生理机制及智能的水肥综合调控技术，结合农耕模拟系统、网络技术、自动灌溉、水肥一体化、控根技术和气象预警技术，采取选优播种、土壤改良、灌溉调控、施肥调节、植物生长激素施用以及防灾减灾措施，建立了较为完善的智能水肥一体化管理系统体系。综上所述，该系统可有效提高作物的抗旱能力，节约资源投入，为农业现代化建设的发展奠定了坚实的基础。今后的工作中应不断引进新科技来增强系统的自动化程度，在日趋复杂的气候条件下发挥更大作用。

参考文献

- [1] 郑纪业, 阮怀军, 封文杰, 等. 农业物联网体系结构与应用领域研究进展 [J]. 中国农业科学, 2021, 50(4): 657-668.
- [2] 雷莹莹, 楚燕. 关于农业物联网发展的思考 [J]. 创新科技, 2022(10): 85-87.
- [3] 张成良. 基于 ZigBee 的远程田间监控系统设计与研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2023.
- [4] 左梁. 信息化与农业现代化融合的重要切入点农业物联网 [C]// 第十五届中国科协年会第 10 分会场: 信息化与农业现代化研讨会论文集. 贵阳: 中国科学技术协会、贵州省人民政府, 2023: 5.
- [5] 徐辉胜, 郑重. 棉田滴灌水肥监测与智能管理技术示范与应用 [J]. 农业技术与装备, 2022(11): 47-48.