

设施农业水肥一体化精准调控技术优化与示范推广

阿巴白克力·吾甫尔

新疆吐鲁番市鄯善县东巴扎回族乡政府

DOI:10.32629/as.v9i5.3945

[摘要] 设施农业是现代农业的发展趋势,而水肥一体化技术是其中的核心技术之一,它能起到节省灌溉水量及肥料量、提高产量、提升产品质量的作用,但是现在还存在着施肥不合理,肥液调配不够精确,缺乏控制系统的问题。文章对我国现阶段设施农业水肥一体化技术的发展情况及其存在的问题进行了全面的研究探讨。围绕典型示范区开展系统的试验及应用评价研究,证明该技术对节水节肥以及增产提质的作用明显,从示范推广的方式方法、环境效益以及政策支持等方面对示范推广的技术进行了探索。得出优化后的精确控制技术能够达到节水、节肥分别达到 42%、45%,为我国设施农业生产绿色发展提供技术支持。

[关键词] 设施农业; 水肥一体化; 精准调控

中图分类号: DF413.1 **文献标识码:** A

Optimization and Demonstration Promotion of Precision Regulation Technology for Water and Fertilizer Integration in Protected Agriculture

Ababakeli·Wufuer

Dongbaza Hui Township People's Government, Shanshan County, Turpan City, Xinjiang

[Abstract] Protected agriculture represents the development trend of modern farming. Water and fertilizer integration technology is one of its core technologies, which can save irrigation water and fertilizer, improve crop yield and product quality. However, existing problems include unreasonable fertilization, inaccurate preparation of fertilizer solution, and lack of control systems. This paper comprehensively studies and discusses the current development status and existing problems of water and fertilizer integration technology in protected agriculture in China. Systematic experiments and application evaluations were carried out around typical demonstration areas, proving that the technology has significant effects on water and fertilizer saving, yield increase and quality improvement. The technologies for demonstration and promotion were explored from the aspects of methods, environmental benefits and policy support. The results show that the optimized precision control technology can achieve water and fertilizer savings of 42% and water saving rate of 45%, providing technical support for the green development of protected agricultural production in China.

[Key words] protected agriculture; water and fertilizer integration; precision regulation

引言

我国设施蔬菜种植面积已经超过3500万亩,在保障全年供应具有重要意义。由于温室大棚内温度低光照不足等原因使得设施蔬菜根系薄弱吸水少,生长速度快需水量高需要大量供给,而传统的灌溉施肥方法不仅浪费水资源还会引起过多肥料进入土壤从而导致盐渍化以及氮磷严重流失的问题。据调查,在设施栽培的番茄上一茬季就会有高达450公斤/顷的氮素流失出去并且占到了总施用量的42%。严重影响了设施蔬菜产业的发展速度。水肥一体化智能滴灌方法能够根据不同的作物的需求合理调节水分和养分的比例来达到节水节肥的目的,在一定程度上

解决了设施蔬菜种植中存在的问题。近年来我国在此方面取得了较大进展,已经列入了农业农村部主推技术,但是现有的水肥一体化系统还存在着肥料施加量不合理、配比不够精准以及缺乏有效的控制系统等一系列不足之处,在这方面还需要进一步进行精确化调控方面的研究工作。

1 设施农业水肥一体化技术发展现状与问题分析

我国设施种植面积约4000万亩左右,总产量达到2.3亿吨以上,年产值超万亿;设施农业生产的发展对水肥管理也提出更高的要求。智能化水肥一体化技术能有效节约用水量、节省施肥量、节省劳动力等,与传统施肥浇水相比使用智能水肥一体化系

统有很多的好处,可以提升工作效率、减轻劳动负担、能够精准控制灌溉量以及施肥量并且节省了用肥的数量还对环境有所帮助。现在我国在温室内精确化水肥一体化技术和设备集成上取得了很好的成果。农业农村部规划设计研究院设施所从2015年开始进行相关的研究,克服了基于在线检测的肥料浓度闭环控制系统技术难题,提出了具有记忆力整定PID水肥精确调节的方法,在行业内首次提出水肥一体化装置标准化检测办法,研制了一系列的温室水肥一体化施肥装机器具,通过流体仿真以及实验分析对文丘里管结构参数进行改进,增大了单个通道的最大吸肥量,设置测控回流管路,选取最优的EC、pH探头及其安装的位置,从而增强系统的配肥快速调整的能力。但是目前还存在明显的技术障碍:设施栽培作物灌溉配肥不准,造成施肥的时间分布和空间分布都不合理,肥料的吸收率较低等。

2 水肥一体化精准调控技术优化路径

2.1 作物需水需肥规律与模型构建

实现精准管理的基础是对不同生长期作物对水分养分的需求规律进行正确掌握。同一种作物的不同品种间以及不同类型作物之间的灌溉施肥需求差别很大,在蔬菜作物的苗期、生长期、开花期、结果期、成熟期其对氮磷钾的吸收的比例和吸收量也是不同的,建立一个精准作物生长模型要综合研究气候环境、土壤类型、作物种类等多种因素间的相互影响作用。利用好蔬菜生长决策支持系统水肥智能化管理系统技术,借助欧洲领先的农业科研院校的技术力量,运用长时间的定点试验获取的14万条大数据信息,研制出适宜于我国北方地区设施栽培蔬菜作物生产所用的精准化水肥管理系统。此系统添加了光照这一主要试验参数,在设定作物理想水肥环境时,光照成为了影响作物养分累积的主要因子之一,晴天作物可以吸收并制造更多的养分,因此水肥机可以相对增多供应量,而阴雨天作物吸收较少,应当降低供应,最大程度满足作物对水肥的需求。

2.2 基于传感器的数据采集与监测技术

传感器是实现水肥精量管理的前提条件,在整个监测体系中应该包含以下内容:①环境传感器(如光照强度、温度、空气相对湿度以及二氧化碳浓度)②土壤传感器(水分含量、电导率、pH值、温度等);③植物生长传感器(如植株粗度、株高等)、果实生长相关参数等等。创建好一系列的传感器信息采集体系并制定出精准灌溉施肥的智能化决策方案,分析清楚温室内的温度、光照强度、湿度、气体成分的变化情况。构建作物及其产物生长与外界环境因素之间的交互调节模型。而传感器设置上应注意:代表性和科学性以及经济性。另外EC检测仪与pH检测仪器的选择以及安装的位置也决定了系统可以实现对肥料配比作出即刻调整。

2.3 智能控制算法与决策模型优化

智能控制算法是对水分肥料进行精确量化的重点环节。创造性提出水肥机EC及pH记忆整定PID精确控制方式,缩短调制间隔,提出了混液罐混合方案,解决了同一组控制方案无法灵活应对不同复杂的水肥比例的问题,能达到EC控制误差 $\leq \pm$

0.1mS/cm响应速度 ≤ 30 s; pH控制误差 $\leq \pm 0.05$ 响应速度 ≤ 3 s。为了更好的提高控制质量,在此加入模糊控制器,由模糊规则表完成在线自动整定,构建复合控制系统,提高了系统的稳定性。决策方案的改进还需结合灌溉制度动态调节,目前应用到温室蔬菜施肥灌溉上的水肥机可以做到完全自动化,但是不够智能化。真正意义上的智能化应该是让水肥一体机像农业技术人员一样独立思考、发布命令,温室蔬菜可根据自己的需要得到所需的供水、供肥。融合气象观测信息与土壤湿度检测结果,做出提前灌溉安排,这是完善模型的一个途径。

2.4 水肥配比与施用制度优化策略

水肥比及施用方式调整是精准管理的根本着力点。不同的作物以及不同的生长阶段对于氮磷钾的需求比率也是有所差异的,在此需要结合具体的生产目标与土壤的基础养分含量来制定合理的施肥措施。运用了微元法的累积进行施肥量准确计量,以PLC梯形图的形式建立自动模式主程序来保障精准管理。此外,对于一些施肥次数、施肥时间长短、肥料浓度递增等等细节方面也进行了细致的设计。传统的灌溉施肥系统是采取间断性大批量的施肥方式,但是智能水肥一体机会做到每天少量多次地进行精细化施肥,这样可以很大程度提升肥料的应用效率。

表1 主要设施蔬菜水肥利用效率与经济效益对比分析

指标	传统管理模式	优化精准调控	变化率
灌溉水量(m ³ /亩)	280-350	150-200	-40%~45%
施肥量(kg/亩)	80-120	45-65	-35%~50%
水分利用效率(kg/m ³)	18-22	32-40	+60%~80%
肥料偏生产力(kg/kg)	25-35	45-60	+50%~80%
人工成本(元/亩)	600-800	200-300	-60%~70%
净收益(元/亩)	3000-4000	4800-6200	+40%~60%
产投比	1.8-2.2	2.5-3.2	+30%~45%

3 典型示范工程设计与实施

3.1 示范区选址与系统设计方案

示范区选点应当结合区域代表性、设施种类代表性、经营管理主动性等方面进行选取。从华北地区设施蔬菜主要分布区来看,选取保定清苑水润佳禾农业园区为中心示范区,园区内建有标准化的日光温室有30多个,配套了滴灌系统的基础较好,试验站种植的番茄长势喜人,示范系统的设计采用了模块化、可扩展、易于操控的理念,由水源首部枢纽、施肥装置、田间管网、智能控制系统四个部分构成。系统设置上,使用第三代智能水肥一体机,可以对多达128个大棚的灌溉阀门进行统一管控,具备手控模式、全自动模式以及管路冲洗模式三个功能单元。搭建基于云端服务器远程监管系统,可以进行4G联网、多设备访问,对灌溉信息进行实时监控及远程控制。

3.2 作物产量与品质提升效果

示范工程的实际运行情况显示,精确控制技术的应用使作物产量和质量都有了很大的提高。例如在番茄上,在试验区比对照区增产了15%~25%,果实中可溶性固形物提高了0.8~1.2个百分点,商品果率提高了12个百分点以上^[1]。而在黄瓜示范研究

中,通过改进后的水肥管理措施后,黄瓜条直且颜色鲜艳,畸形瓜的比例大幅下降,使用了水肥一体化精准灌溉以后,作物产量和质量有明显的提高,节约了肥料用量也达到了增收的效果。

3. 3水肥利用效率与经济效益分析

示范完成后,相对传统设施蔬菜水肥管理模式而言,其节水、节肥能力分别提升到42%和45%,可以做到对设施蔬菜种植区内的水分以及养分进行精确控制、智能化灌溉。在经济收益方面,尽管智能水肥一体机前期投资较大(每亩约为2000至3500元左右),但是使用1至2年后就可以回收成本,而且后期收益明显。假如是占地5亩的大棚的话,在应用该技术以后每年会少用掉大约650立方米水、节约掉175公斤化肥、减少人工支出2500元,总体算起来增收可以达到1.2万到1.5万元左右的效果。

4 示范推广模式与综合效益

4. 1技术推广模式与机制创新

技术推广是成果落地的重要步骤。面对设施农业经营主体多元化的现状,需要创建多元化技术推广方式^[2]。一是示范企业带动模式,以农业产业化龙头企业建立示范点,形成可复制可推广的技术样本;二是合作社带动模式,合作社统一购买设备、统一技术标准、统一服务管理,减轻农户单独安装的成本;三是社会化服务模式,培养专门化的水肥一体化技术服务公司,为农户提供代建代管服务。依据农业农村部办公厅印发的《关于推介发布2024年农业主导品种主推技术的通知》中关于温室精准水肥一体化技术已经是属于智慧农业七大类别的主推技术之一了。应该抓住这个时机加大对技术的推广力度,健全技术服务系统,实现更多地区使用该技术的目的。

4. 2生态环境效益与政策保障措施

生态效益是水肥一体化精准控肥技术重要价值方面。长期以来的大水大肥灌溉施肥方式造成了氮、磷损失巨大,引发了地下水硝酸盐污染及地表水体富营养化现象的发生。精准控肥技术使氮素化肥利用率达40%以上,大幅度降低对环境养分排放量,而过多添加肥料造成的土壤盐碱化问题以及土壤中大量累积的

硝态氮和速效磷得到有效改善。经过多年的定点监测显示使用优化技术2—3年后,设施土壤次生盐渍化状况得到明显好转。土壤微生物活性提高,土壤质量变好^[3]。以氮肥为例,在使用沟灌的传统农户的大棚中,农作物氮肥利用率仅达到15%,而用滴灌方式也仅为30%,而在实验区达到了40%。这个数据足以证明技术改进有很大的空间。

5 结语

设施农业水肥一体化精确控制技术是发展绿色现代农业的有效手段,通过对该技术的研究,主要在现状调查、技术创新、试验示范、推广应用三个方面进行分析,得到以下几点结论:一是需水量与需肥量规律方程模型、检测装置监控系统、智能化控制策略、水肥混施方案组成四合一技术体系,有待综合改进;二是采用记忆整定精确控制系统,能保证电导率控制偏差 $\leq \pm 0.1$ 毫西门子每厘米、pH值控制偏差 $\leq \pm 0.05$ 的技术指标;三是通过示范表明,改善之后可以达到节水40%—45%,节肥35%—50%,增产15%—25%,增加净利润40%—60%的作用。现在技术还存在着仪器价格昂贵、农户不会使用等缺点,今后应该注重开发低成本传感器的研发、AI算法的优化以及云端边缘一体化平台的发展还有区域适用性的技术标准化。物联网、大数据、AI等新一代信息技术的深度融合之下,设施农业生产中对灌溉施肥管理也将向着更加精确以及高效的方向不断前进。

[参考文献]

- [1]梁斌,陈清,吕昊峰,等.设施土壤健康与水肥精准管理技术及应用[J].中国农村科技,2024,(01):26—28.
- [2]陈维榕,李莉婕,赵泽英,等.基于云边端协同技术的水肥一体化控制系统开发与应用[J].农技服务,2024,41(11):58—63.
- [3]康艺凡,杨英茹.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(6):97—104.

作者简介:

阿巴白克力·吾甫尔(1977—),男,维吾尔族,新疆吐鲁番人,大专,农艺师,研究方向:农业技术推广。