

变量施肥技术研究现状分析

胡雨

南京工程学院

DOI:10.12238/as.v8i2.2776

[摘要] 我国虽为农业及人口大国,但耕地面积仅占全世界耕地面积的7%。为了养活占全世界20%的人口,不得不在农业生产活动中大量施用化肥,造成了化肥利用率低以及土壤、水污染等一系列问题。因此,现代精准农业提出了变量施肥技术,以期在不变化肥施用效果的情况下降低化肥施用量,将化肥利用率最大化。在这一背景下,本文总结了国内外关于变量施肥技术的研究,概括了变量施肥的关键技术,并对其发展中的一些问题进行了分析,并提出了改进方法。

[关键词] 变量施肥; 现状分析; 关键技术研究; 展望

中图分类号: S147.2 **文献标识码:** A

Analysis of the research status of variable fertilization technology

Yu Hu

Nanjing Institute of Technology

[Abstract] Although China is an agricultural and populous country, the arable land area only accounts for 7% of the world's arable land area. In order to feed 20% of the world's population, we have to apply heavy fertilizer in agricultural production activities, resulting in low utilization rate of fertilizer and a series of problems such as soil and water pollution. Therefore, modern precision agriculture proposes variable fertilization technology in order to reduce the amount of chemical fertilizer applied and maximize the utilization rate of chemical fertilizer without changing the effect of chemical fertilizer application. In this context, this paper summarizes the domestic and foreign research on variable fertilization technology, summarizes the key techniques of variable fertilization, and analyzes some problems in its development, and proposes improvement methods.

[Key words] variable fertilization; status analysis; key technology research; outlook

引言

化肥的出现和大规模使用极大提升了农业产量,有效缓解了全球饥荒问题。21世纪,我国农业从传统向现代化转型,化肥的大量使用正好适应了国内耕地有限、人口众多的状况。近年来,尽管中国的化肥使用量有所下降,与发达国家相比,化肥利用率仍低10%~20%。

化肥过量施用已成为我国面源污染的主要来源^[1]。精准农业主张运用现代科学技术,对耕地进行合理投入规划,以实现经济和环境双重收益,是实现农业生产精细化管理的关键。变量施肥技术旨在精确调配施肥量,是精准农业发展目标之一。本文通过分析国内外变量施肥技术研究现状,指出其发展中的问题,并提供策略建议,旨在为该技术和配套设施的研发与应用提供参考。

1 国内外研究现状

变量施肥技术主要通过两种方式确定施肥参数^[2-5]:一是基于电子处方图,它依据专家分析得出的施肥方案进行电子化指

导,以GIS技术满足不同区域作物的具体需求,其定制过程需时间,且更新不够即时^[6-9];二是利用实时传感器,该技术处于研究阶段但已取得进展,通过传感器获得土壤及作物营养数据,实时调整施肥。相较电子处方图,传感器方法反应更快、效率更高,但其可靠性至关重要。

1.1 国外研究现状

国外变量施肥技术研究起步较早,经过三十多年的发展已有系列成熟产品^[10]。1999年,约翰迪尔公司推出的变量施肥机能在车内显示工作状态,实时观察位置和路径,确保按计划施肥。2000年,Lina等研发的针对水田的变量施肥机简化了结构,提升了肥料利用效率12.8%。2001年,氮肥价格飙升时,俄罗斯的William等研发出利用高空间分辨率管理技术的施肥机,显著提升了氮利用效率至少15%。到2014年,加拿大Hassan等人开发了适用于蓝莓园的施肥机,结合实时传感器和施肥处方图,通过精密的传感和控制系统避免对裸露地或杂草施肥,实现了更准确的施肥。

国外的田间管理信息系统和服务网络为变量施肥技术的成熟提供了重要支持。相较之下,中国由于小规模农业经营和田间管理信息系统的不足,大型施肥机械的高成本限制了变量施肥技术的广泛应用。因此,中国的研究方向应侧重于本土化创新,发展适合小规模农田的施肥设备,建设本土化信息管理系统,制定灵活且成本效益高的施肥策略,从而提高施肥效率,推动可持续农业的发展。

1.2国内研究现状

国内变量施肥技术起步较晚,但得益于国家对农业科技重视,已取得显著进展。研究方向正在从简单的机械改造逐步转向理论深度挖掘与技术装备的自主创新。

陈换美等人^[11]强调提升变量施肥装备性能,如增强自动化和智能化水平,是未来的发展趋势。他们提出,需要加速土壤养分的实时监测技术,精细化施肥决策支持系统,以及作业控制的可视化和精确化,以促进精准农业的全面发展。

陈满等人^[12]针对性地为冬小麦构建了变量施肥控制模型,证实了其在提高施肥精确性和作物产量方面的有效性。张建阔通过对文丘里施肥器的创新优化,实现了肥液浓度的连续可调性,扩展了其在灌溉与施肥一体化中的应用范围。

罗莉^[13]设计的无GPS变量施肥系统为在缺乏精确定位条件下的施肥提供了技术方案。徐宏宇则利用遥感技术与物联网相结合,实现了作物生长监测与精准施肥的高效对接。宋帅帅专注于作物根系特定的施肥方式,创造了更加精细的肥料施放器,而巩海亮则运用指数平滑算法,提高了变量施肥的时效性和准确度。

任灵杰^[14]将云计算和物联网技术结合,搭建了智能施肥平台,为精准农业提供了新的发展思路。这一系列的研究表明,国内变量施肥技术正在朝着集成化、智能化的方向迈进。

尽管如此,当前我国的变量施肥技术许多还停留在实验和探索阶段,成熟的技术体系尚未形成。现有施肥装备多为传统机械的改装,这在一定程度上限制了施肥的精准度和作业效率。为了实现技术的跨越式发展,我们需要借鉴国际先进技术,结合国内实际情况,发展适合国内大规模推广应用的变量施肥技术体系,这将有助于精准农业在国内的深入推广和实现农业的可持续发展。

2 关键技术分析

2.1变量施肥处方图生成技术

变量施肥处方图生成技术是农业科学的重要分支,它结合了土壤养分检测、空间插值算法等多种技术。其中,基于作物冠层光谱、叶绿素含量、生长模型以及土壤特性和产量的施肥处方研究是主要的研究方向^[15-16]。

在土壤养分检测方面,化学分析法和光电分光法虽然准确但操作繁琐,土壤电导率法反应迅速但实用性待验证,而近外光谱分析法则凭借其高效和方便性展现了良好的发展潜力,尽管在有机质和微量元素的检测上有限制。

对于土壤养分空间分布的获取,传统方法效率低下。空间插

值算法如反距离权重法和普通克里金法在解决这一问题上取得了进步。然而,这些算法存在选择偏差、数据点分布不均、计算资源消耗大等问题,且在复杂地形上的精确度有待提升。

遥感技术在评估土壤特性方面有其独特优势,能够通过分析土壤光谱曲线定量评估土壤类型,但其精度易受天气变化影响^[17]。

尽管国内在变量施肥技术研究方面与国际有差距,且目前尚无成熟的商业产品,但结合国际研究成果和本土创新将是我国该技术发展的关键。

2.2变量施肥滞后修正

在实施基于处方图的变量施肥技术时,精确控制施肥位置至关重要。这要求依据GNSS设备提供的数据来精确施肥,但由于系统响应和落肥时间滞后,实际落肥点往往会与预期位置出现差异^[18-20]。为保证施肥精度,关键在于准确检测施肥过程中的滞后时间,并及时调整施肥位置,以使实际与预期的落肥点误差最小,进而提升作物产量和农田使用效率。

针对施肥滞后问题,学者们进行了众多研究,提出了多种检测和处理滞后时间的方法。一些常见的方法包括使用肥料收集盒矩阵监测施肥量变化,通过观测不同时间点的施肥量来确定滞后时间;建立简易数学模型预测施肥位置与实际落肥点的时间差;以及通过田间试验准确测定施肥位置滞后距离。

尽管肥料收集盒矩阵和田间试验能提供准确的测量结果,但这些方法操作繁琐,耗时耗力。而简易模型虽快速便捷,却在准确性上有所欠缺。因此,在实际操作中,应根据准确性和效率来选择最合适的检测方法,以有效解决变量施肥技术中的滞后问题。

2.3变量施肥监测系统

施肥监测系统作为变量施肥技术不可或缺的部分,其精确性和有效性对于确保施肥作业的成功至关重要。这些监测系统可以分为三类:传统机械报警器、机电信号报警器和现代电子仪器型监测装置。后者因其高灵敏度和实时监控能力,已成为提升施肥系统智能化的核心。

起步较晚的中国在电子仪器型监测装置的研发上取得了显著进展,尤其是光电传感器监测设备,因其快速且可靠的测量能力,在农业生产中展现出广阔的应用前景^[21]。然而,尽管技术上已经取得了一定的进步,农业机械化发展仍面临诸多挑战,如机械故障和监测装置缺陷可能导致施肥不均或遗漏重要地块,直接影响作物生长和资源的有效利用。

要克服这些挑战,关键在于加强监测系统的研究和推广,尤其是光电传感器监测技术的开发。通过完善施肥监测系统,包括提高电子仪器型监测装置的效率和建立全面的施肥过程检测分析能力,才可以显著提高播种施肥的操作效率和精确性。

3 存在的问题

(1)我国农业生产长期以家庭为单位,导致耕地面积小且分散,难以形成有效规模,限制了农业基础设施的发展,尤其是现代化和精准农业的推广。

(2)技术研发和创新方面存在问题,如国外技术封锁、国内研究基础薄弱,导致高端农业技术推广不足,土壤养分信息获取效率低,设备兼容性和数据共享问题严重,影响精准施肥的有效性^[21]。

(3)农业智能化程度不足,限制因素包括实时控制系统研发不足、传感器及电子技术应用有限、决策系统更新慢及误差大。

(4)国产智能控制系统研发不足,操作复杂且成本高,限制了先进技术的应用。

(5)混合变量施肥尤其是多元素配合施肥研究不足,难以实践科学施肥技术。液态施肥作为新型施肥方式,在国内发展不足,主要由于操作复杂和成本增加,液氨可能对人员和设备造成危害。需要重视液态肥料的研发和应用,加强支持。

4 发展对策

我国正面临着农业生产现代化与精准化的挑战。完成这些挑战的关键是增加对农业科技创新的投资,改善生产结构及方式,并推广先进的农业技术和设备。此外,转型升级农业经营模式至规模化、集约化也至关重要,通过土地流转、发展合作社和家庭农场来提升土地使用效率和降低现代化成本。

科技创新是提高农业效率和生产力的另一关键因素。政府可通过资金补贴、税收减免和研究平台搭建来支持农业研究,同时加强国际合作以避免重复研究。在土壤养分管理上,应用信息技术,如智能分析仪和远程检测系统,对提高施肥准确性至关重要。

智能化水平的提升是精准农业发展的核心,需加速智能控制和决策支持系统的研发及应用。稳定可靠的农业机械对于确保精准施肥和作物生产也非常关键。此外,对液态和混合施肥技术的研究应当扩展,特别是液态施肥的安全性和成本效益,以及多元素混合肥料的精准配比技术。

5 结语

随着人口增长和资源限制,精准农业和变量施肥技术变得至关重要,特别是对资源有限的中国。为促进农业现代化,我国需要建立适合国情的技术标准体系,重点研发土壤检测和智能施肥等关键技术。同时,应鼓励国际合作,提升科技创新能力,支持产业领军企业,推动技术可持续发展。这些举措将帮助提高农业效率和产品质量,满足国内外需求,并促进环境保护。

[参考文献]

- [1]王熙.精准农业大豆变量施肥控制技术研究[D].黑龙江八一农垦大学,2010.
- [2]张汉林.电动变量施肥控制系统的设计与试验研究[D].黑龙江八一农垦大学,2017.
- [3]初金哲.精准变量施肥控制软件设计与试验研究[D].黑

龙江八一农垦大学,2018.

[4]韩英,贾如,唐汉.精准变量施肥机械研究现状与发展建议[J].农业工程,2019,9(05):1-6.

[5]李普,梁春英,王紫玉,等.我国精准变量施肥技术研究现状和建议[J].农业工程,2021,11(11):31-34.

[6]李洋,尚书旗,高波,等.具有电动变量施肥功能的马铃薯中耕机设计与试验[J].农业工程,2017,7(05):109-112.

[7]李凯.变量施肥系统的设计与研究[D].石河子大学,2017.

[8]威武振.智能稻麦播种机变量施肥系统设计与研究[D].山东农业大学,2018.

[9]陈满,金诚谦,倪有亮,等.基于多传感器的精准变量施肥控制系统[J].中国农机化学报,2018,39(01):56-60.

[10]初金哲,庄卫东,梁冉冉.精准变量施肥技术发展与分析[J].农业机械,2018(10):68-71.

[11]陈换美,郭振华.变量施肥技术的发展与分析[J].新疆农机化,2017(05):24-29.

[12]陈满,施印炎,汪小昆,等.冬小麦双变量施肥控制策略研究[J].江苏农业科学,2018,46(11):58-62.

[13]罗莉,张富贵,李宜汀,等.基于无GPS定位的变量施肥控制系统的研究[J].农机化研究,2018,40(01):96-100.

[14]任灵杰.基于云计算的变量施肥控制系统的设计与研究[D].石河子大学,2023.

[15]安晓飞,付卫强,魏学礼,等.基于处方图的垄作玉米四要素变量施肥机作业效果评价[J].农业机械学报,2017,48(S1):66-70.

[16]李锐,丁永前,余洪锋,等.苏南地区变量施肥电子处方图系统的构建与应用[J].中国农业大学学报,2017,22(8):124-132.

[17]刘建立,李晓鹏.“基于无人机低空高精度遥感的冬小麦和夏玉米变量施肥管理模型”进展[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2018,44(04):413.

[18]黄丽萍.遗传优化RBF-PID的电动变量施肥控制系统研究[D].黑龙江八一农垦大学,2020.

[19]王维鹏,弋晓康,何义川.基于北斗导航系统的新型履带式变量施肥机的设计[J].新疆农机化,2021(05):23-24+39.

[20]张继成,严士超,纪文义,等.基于增量式PID算法的多种固体肥精确施控系统研究[J].农业机械学报,2021,52(3):99-106.

[21]胡成红,徐金,奚小波,等.变量施肥技术研究现状及发展对策[J].农业装备技术,2021,47(01):4-8+13.

作者简介:

胡雨(1997--),男,汉族,重庆人,硕士在读,研究方向智能农机。