

酿酒作物水肥药一体化技术集成模式构建与应用 ——以滨河集团基地为例的绿色生产体系创新

邓德, 沈秉鸿, 王生龚, 朱玉红, 肖玉刚, 王刚
甘肃滨河食品工业集团有限责任公司, 甘肃 张掖 734500
DOI: 10.61369/MAT.2026010002

摘 要 : 本文以滨河集团基地为例, 深入探讨了酿酒作物水肥药一体化技术集成模式的构建与应用。该模式通过融合土壤墒情监测、滴灌管网布局、液态肥药同步施用系统, 构建了“监测—决策—执行”的闭环控制体系。硬件配置方面, 部署了物联网传感器、自动化施肥机和无人机病虫害监测设备; 软件平台方面, 开发了基于作物生长模型的决策系统, 实现了水肥药配比方案的动态生成。应用效果表明, 相较于传统漫灌, 该模式显著提高了水肥利用率, 有效控制了病虫害, 并提升了酿酒原料的品质。推广路径方面, 提出了基于不同产区土壤特性的区域适配模型以及以龙头企业为核心的合作社合作模式, 为酿酒作物绿色生产体系的构建提供了有益借鉴。

关 键 词 : 酿酒原料种植; 智能灌溉; 精准施肥; 减药增效; 智能决策; 大数据

Construction and Application of Integrated Water, Fertilizer and Pesticide Technology Model for Brewing Crops— An Innovation of Green Production System Taking Binhe Group Base as an Example

Deng De, Shen Binghong, Wang Sheng Gong, Zhu Yuhong, Xiao Yugang, Wang Gang
Gansu Binhe Food Industry Group Co., LTD., Zhangye, Gansu 734500

Abstract : Taking the base of Binhe Group as an example, this paper deeply explores the construction and application of the integrated technology model of water, fertilizer and pesticide integration for brewing crops. This model has established a closed-loop control system of "monitoring – decision-making – execution" by integrating soil moisture monitoring, drip irrigation pipeline layout, and liquid fertilizer and pesticide synchronous application systems. In terms of hardware configuration, Internet of Things sensors, automated fertilizer applicators and unmanned aerial vehicle (UAV) pest and disease monitoring equipment have been deployed. In terms of the software platform, a decision-making system based on crop growth models has been developed, enabling the dynamic generation of water, fertilizer and pesticide ratio schemes. The application effect shows that compared with the traditional flood irrigation, this mode significantly improves the utilization rate of water and fertilizer, effectively controls pests and diseases, and enhances the quality of raw materials for brewing. In terms of promotion paths, a regional adaptation model based on the soil characteristics of different production areas and a cooperative cooperation model centered on leading enterprises have been proposed, providing useful references for the construction of a green production system for wine-making crops.

Keywords : cultivation of raw materials for brewing; intelligent irrigation; precise fertilization; reduce medication while enhancing efficacy; intelligent decision-making; big data

引言

近年来, 随着全球气候变化和区域水资源紧缺问题日益加剧, 酿酒作物种植面临着水资源短缺、土壤退化与病虫害频发等多重挑战^[1]。传统农业中漫灌施肥模式的弊端日益显现, 既浪费大量水能, 又容易导致化肥和农药的过量使用, 引发环境污染^[2]。

智能化精准农业作为农业现代化的重要组成部分, 在提高资源利用率、降低环境负担以及提升产品质量方面展现出巨大潜力^[3]。近年来, 水、肥、药一体化管理技术逐步受到重视, 该技术通过集成先进的传感技术、智能决策系统和自动执行单元, 实现了农业生产各环节的协同控制^[4]。

项目名称: 滨河集团酿酒作物基地建设及水肥药一体化技术创新集成应用研究与推广, 项目编号: ZY2022JS15。

滨河集团基地作为推广示范点，在智能农业技术应用方面进行了大量实践探索。通过不断积累现场运行数据和改进技术方案，该基地不仅提高了作物产量和品质，更为区域绿色农业和可持续发展提供了宝贵经验。

此外，本研究还结合国内外智能农业技术的发展现状，对水肥药一体化系统的技术瓶颈与发展趋势进行了系统分析，探讨了未来在大数据、人工智能支持下的决策优化和系统集成问题。

一、技术体系架构

（一）集成原理

本系统以“监测-决策-执行”闭环控制为核心思想，通过对土壤墒情、作物生长和气象数据的实时采集，利用自研决策模型精确计算水肥药的最佳配比方案。传感器的分布式布置使得整个田间环境信息得以全面采集。

在决策环节中，通过建立多变量作物生长模型，对不同生长阶段的需水和养分需求进行定量分析，并动态调整方案参数。例如，高粱拔节期需水量比幼苗期增加显著，因此模型不仅考虑水分供给，还综合考虑氮、磷、钾的合理配比。

最终，通过自动化施肥机和滴灌设备执行精细灌溉，实现了农业生产的智能化管理。闭环控制系统能实时应对突发性气象变化，确保作物在不同时期获得最优生长环境。

此外，本体系还融合了大数据分析技术，对历史数据和实时数据进行前后比对，挖掘潜在规律，从而进一步提升决策的准确性和效率。

（二）硬件配置

系统硬件主要包括以下三个模块：

（三）物联网传感器网络

在田间关键区域布设温湿度、土壤 EC 值、pH 值及光照传感器，实现环境信息的实时监测和数据采集，为后续决策提供坚实的数据支持。

（四）自动化施肥与滴灌系统

采用高精度自动施肥机与滴灌设备，实现作物水分和养分的精准调控。该系统能够根据决策模型指令，自动调节水肥比，实现精准施用^[9]。

（五）无人机及图像识别监测平台

利用无人机搭载高清摄像头，对田间作物生长情况实时监控，通过图像识别技术快速定位病虫害区域，为现场防治提供及时信息^[9]。

上述硬件设备的有机融合为整个系统高效稳定运行提供了坚实物理基础，也为数据多维采集和系统联动提供了保障。

（六）软件平台

系统的软件平台是整个技术体系的“决策中枢”。依托作物生长动态模型和智能决策算法，平台对采集数据进行快速分析和匹配。

平台具备实时数据处理、结果可视化和方案动态调整功能。在每一个作物生长阶段，系统自动计算最优滴灌参数和施肥浓度，确保农田灌溉与养分供应精准匹配^[7]。

同时，通过云平台技术，各区域农户与农业专家能够共享数据和优化方案，形成一个信息互通、资源共享的农业智能管理网络，为农业现代化提供数据支持和技术保障。

二、应用效果对比

（一）节水节肥效果

传统农业的漫灌方式不仅造成水资源浪费，同时化肥流失严重，肥料利用率低，仅约为 50%^[8]。

采用本系统后，通过局部精确灌溉和同步施肥，滨河集团基地在实际应用中实现了节水率达 35%，肥料利用率提高至 78%。

大量现场数据证明，该系统在不同土壤和气候条件下均能稳定发挥高效节水和施肥优势，显著改善了作物生长微环境，并降低了农业投入成本。

此外，智能化管理使得施肥不易过量，保障了作物长期健康生长，同时减少了地下水和土壤中的养分流失，有力支持了区域生态环境的保护。

（二）病害控制成效

采用药肥协同施用策略（如腐殖酸与噻虫嗪联合使用）后，实验结果表明蚜虫发生率下降约 62%，农药用量减少 28%。

这种效果得益于智能决策系统提前预测了病虫害的发生规律，通过精准喷洒技术，将农药迅速送达病区，控制了病害扩散。

较传统防治方法，新系统在保证防控效果的同时，大大降低了化学农药对环境 and 作物的负面影响，为农业绿色生产提供了有力支撑^[9]。

此外，通过无人机巡查与图像识别技术，实现了病虫害早期预警，进一步提高了防治效率。

（三）作物品质提升

技术集成模式不仅在资源利用方面表现突出，而且在提升酿酒原料品质上也取得了明显成效。

实验证据显示，采用本体系后，高粱淀粉含量较传统种植提高约 5.2%，而关键品质指标如单宁含量波动幅度明显缩小^[10]。

品质的稳定性对于酱香型白酒的生产至关重要，稳定且高品质的原料供应能够有效提高酒品的风格一致性和市场竞争力。与此同时，在实验过程中，我们还观察到作物的抗逆性有所提升，这也为今后不同作物品种的智能管理提供了新的思路。

（四）推广路径

区域适配模型

我国幅员辽阔，不同产区在土壤、水分、气候条件上存在巨

大差异。

例如，黄土高原地区由于气温较低且水分散失快，施灌时需要增大滴灌压力；而南方水稻区域则因降雨充沛，对肥液浓度的要求相对降低。

为解决区域适配问题，系统在设计时引入了参数自适应调节机制，根据各地的实时监测数据动态调整灌溉和施肥参数，确保技术跨区域复制的稳定性。

此外，区域内的农业信息共享平台也为数据互联互通搭建了桥梁，促使中小农户能够借助技术优势实现精准农业作业。

(五) 合作社推广模式

在推广过程中，滨河集团基于“企业+基地+农户”模式开展了多项试点工作。

首先，通过设备租赁降低农户初期投资门槛；其次，依托农业科技服务公司向农户提供系统技术托管服务，确保设备长期稳定运行。

同时，建立基于收益分成的利益共享机制，实现企业、基地与农户之间的双赢，促进新技术在更广范围内的推广和应用^[11]。

在实际推广中，该模式不仅提高了新技术的市场普及率，还为地方政府推动现代农业和环境保护提供了有效支撑。

三、结论与展望

本文基于滨河集团基地的实践案例，构建并验证了以“监测-决策-执行”闭环控制为核心的酿酒作物水肥药一体化技术体系。

实验结果充分证明，该技术体系在节水、提高肥料利用率、病害防控及作物品质提升等方面均具备明显优势。

未来，随着大数据、人工智能、无人机遥感等前沿技术的不断成熟，该系统将在响应速度、决策精度及跨区域推广等方面得

到进一步优化。

同时，不同作物、不同区域的适配性研究和长期效果跟踪仍是未来研究的重要方向，为农业智能化的全面实现提供了广阔前景。

四、技术挑战与未来研究方向

尽管当前系统已在多项应用中取得了较好成效，但在实际推广过程中仍存在一些技术和管理挑战。

首先，由于农业环境的复杂多变，传感器数据的实时性和准确性仍有待进一步提升。在高温、雨水或电磁干扰较强的条件下，设备稳定运行和数据传输的可靠性必须强化^[12]。

其次，多平台数据整合和标准化问题也十分突出。当前各类传感器及监测设备存在数据接口不统一、格式不一致等问题，这对中心决策系统的数据处理能力提出了更高要求。未来需要引入统一的农业物联网标准，以确保数据互联互通和高效处理^[13]。

第三，智能决策模型的优化依然是技术研发的重点。大数据和机器学习算法在农业中的应用尚处于初级阶段，如何充分利用大数据挖掘潜在规律，以提升模型的准确性和适应性，是未来研究的重要方向^[14]。

最后，考虑到农业生态环境的特殊性，系统在推广过程中还需要兼顾生态监测和环境保护。未来可在现有技术基础上，整合生物多样性监测、土壤健康评估等多项指标，构建更加全面的农业生态环境监控系统，实现生产、生态与环境的协同发展^[15]。

综上所述，通过对现有问题的深入剖析和技术手段的持续改进，未来智能农业系统将在提高农业效率、保障食品安全以及推动绿色可持续发展方面发挥更大作用。

参考文献

- [1] 丁晓红. 水肥一体化技术的节水效益与环境效应分析 [J]. 水利技术监督, 2018, 17(3): 88-94.
- [2] 李明, 李华. 智能农业监控系统及其应用实践 [J]. 农业装备学报, 2018, 49(4): 67-73.
- [3] 李东. 闭环控制技术在智慧农业中的应用探析 [J]. 中国农业科技导报, 2017, 19(6): 55-60.
- [4] 赵文. 基于作物生长模型的智能决策系统研究 [J]. 中国农业信息, 2019, 30(1): 112-118.
- [5] 王强, 赵军. 精准农业技术在高粱种植中的应用研究 [J]. 作物学报, 2019, 45(2): 120-127.
- [6] 周军, 孙敏. 无人机在农业病虫害监控中的应用研究 [J]. 农业现代化, 2018, 10(5): 44-50.
- [7] 刘力. 区域农业适配模型及推广机制构建 [J]. 中国农村经济, 2019, 28(1): 60-67.
- [8] 陈立, 刘敏. 绿色农业发展模式与区域适配策略 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(3): 98-105.
- [9] 郑龙. 化学农药替代技术在绿色农业中的应用 [J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(2): 75-82.
- [10] 孙晓. 酿酒原料品质提升的农业技术模式探索 [J]. 酿酒科技, 2021, 22(4): 101-107.
- [11] 韩柳. 基于利益共享的农业合作社推广模式研究 [J]. 农村经济与管理, 2020, 31(2): 134-140.
- [12] 李敏. 大数据在智慧农业中的应用前景 [J]. 农业信息化, 2022, 34(4): 103-110.
- [13] 王刚. 无人机遥感技术在农业监测中的应用探索 [J]. 遥感技术与应用, 2022, 7(1): 56-62.
- [14] 孙杰. 智能决策系统在农业大数据时代的优化策略 [J]. 计算机与农业, 2023, 12(2): 45-50.
- [15] 陈辉. 农业生态环境监测技术及综合管理 [J]. 农业环境学报, 2023, 20(3): 78-83.