

现代农业机械作业效率优化与性能试验研究

刘杰 隋玉振 韦安帅

山东五征集团有限公司

DOI:10.32629/as.v9i8.4220

[摘要] 针对农机田间作业能耗偏高、参数匹配不合理、工况适配性较差、无效作业占比偏大等问题,本文先剖析设备参数、田间环境、人为管理因素对作业效果的影响,采用极差分析确定关键影响因子;从参数选取、作业路径、机具结构和智能调控方面制定优化方案,并开展仿真分析与田间对比试验。试验结果表明:优化后农机小时作业量提升21.4%,燃油消耗降低14.3%,作业合格率明显提高。本文将多因素耦合分析和田间试验相结合,完善农机性能评价方式,研究成果能够为农机参数调试、田间作业管理提供参考,助力农业降本增效。

[关键词] 农业机械; 作业效率; 参数优化

中图分类号: S22 **文献标识码:** A

Research on Optimization and Performance Testing of Modern Agricultural Machinery Operation Efficiency

Jie Liu Yuzhen Sui Anshuai Wei

Shandong Wuzheng Group Co., Ltd.

[Abstract] Addressing issues such as high energy consumption during field operations, inappropriate parameter configurations, poor operational adaptability, and a significant proportion of inefficient tasks, this study first analyzes the impact of equipment parameters, field conditions, and human management factors on operational performance, employing range analysis to identify key influencing factors. Optimization strategies were developed covering parameter selection, operational routes, machinery design, and intelligent control systems, followed by simulation analyses and field comparative trials. Results demonstrate that optimization increased hourly machinery utilization by 21.4%, reduced fuel consumption by 14.3%, and significantly improved operation compliance rates. By integrating multi-factor coupling analysis with field experiments, this study enhances agricultural machinery performance evaluation methods, providing valuable insights for parameter tuning and field operation management to support cost reduction and efficiency improvement in agriculture.

[Key words] Agricultural machinery; Operational efficiency; Parameter optimization

1 绪论

当前我国农业生产正全面向规模化、集约化、智能化转型升级,传统人工耕作模式已无法适配现代化农业发展需求,农业机械化、高效化成为保障粮食安全、盘活农业经济的核心关键。在此背景下,开展农机作业效率优化与性能试验研究,是破解农业生产痛点、推动农业绿色高效发展、助力乡村振兴战略落地、全面实现农业现代化的重要抓手。

2 现代农业机械作业基础理论与评价体系

2.1 现代农业机械核心作业类型及工作原理

现代农业机械化作业贯穿农业生产全流程,核心涵盖耕种、播种、植保、收割、秸秆还田等关键作业环节。各类农机依托动力传动、执行作业、调控辅助结构协同运转,适配不同生产阶

段作业需求。耕种机械通过入土翻耕结构破碎土壤、疏松土层,改善土壤透气条件;播种机械依托排种、落种结构实现定量、均匀播种;植保机械借助喷淋、雾化结构完成农药、肥料均匀喷施;收割机械依靠切割、输送、脱粒结构实现作物一体化采收;秸秆还田机械通过粉碎、抛撒结构将秸秆破碎还田,各类设备各司其职,适配平原、丘陵等不同基础作业工况。

2.2 农机作业性能评价指标体系

为科学量化农机作业综合水平,需建立多维度评价指标体系。作业效率指标以作业幅速、小时作业量、有效作业率、作业返工率为核心,直观反映农机田间作业产能与有效工作占比。作业质量指标参照农业行业标准,包含作业平整度、作业覆盖率、物料破碎率、田间漏作业率等,衡量作业精细化与标准化程

度。设备性能指标聚焦设备运行状态, 涵盖作业能耗、零部件磨损率、作业故障率及连续作业稳定性, 综合评判农机节能性、耐久性与运行可靠性。

3 现代农业机械作业效率影响因素分析

3.1 设备自身参数影响

设备运行参数是决定农机作业性能的核心因素。田间试验表明, 农机行驶速度由4km/h提升至6km/h时, 小时作业量提升32%, 但作业合格率下降8.6%; 作业深度、主轴转速、悬挂高度及刀具结构直接改变入土阻力与作业均匀性, 动力匹配失衡会造成动力输出冗余或动力不足, 直接制约作业效率与作业质量。

3.2 田间作业环境影响

田间工况参数对农机作业稳定性存在显著干扰。试验数据显示, 土壤含水率超过25%时, 农机作业阻力增大27%, 易出现壅土、漏耕问题; 土壤硬度偏高、地块平整度差会导致作业深度波动; 杂草覆盖率大于30%易缠绕刀具结构, 降低设备运转效率, 高温低温环境也会小幅影响发动机动力输出, 造成作业稳定性下降。

3.3 人为操作与管理因素影响

人为管理因素直接影响整体作业能效。熟练操作人员设备有效作业率可达92%, 新手操作仅为78%左右。不合理的往返路线规划会造成10%~15%的空驶冗余, 设备长期缺乏维保会使机械故障概率提升20%以上, 错峰、错时的不合理作业安排, 也会错失最优作业工况, 降低整体作业效益。

3.4 多因素耦合影响权重分析

本文采用控制变量法、极差分析与相关性分析开展权重量化研究。经数据统计得出: 设备参数匹配、土壤工况为核心影响因素, 综合权重占比68.2%; 作业规划、设备维保等人为管理因素为次要因素, 权重占比31.8%, 各因素存在明显耦合干扰特征。

3.5 当前农机作业存在的效率短板

结合田间实测试验数据能够发现, 现阶段农业机械在实际作业过程中仍存在诸多效率缺陷。机具预设作业参数往往与田间实际工况无法精准匹配, 设备对复杂农田环境的适应能力较差; 田间行进作业路径规划不够合理, 多余行驶和重复作业现象突出, 无效作业占比偏高。同时, 农机动力系统匹配不合理引发大量能源损耗。除此之外, 国内农机性能检测尚未形成统一的行业规范, 参数调试缺少标准化参考依据, 严重制约了农机作业的标准化水平与作业效率提升^[1]。

4 现代农业机械作业效率优化方案设计

4.1 优化总体思路与原则

围绕影响农机田间作业效率的各类核心因素, 本次优化工作确立高效节能、运行稳定、适配性优的多元优化准则, 坚守作业质量达标、能耗可控、设备平稳运行的基本优化底线。本次设计不再局限于单一参数的片面优化, 综合兼顾作业效率、作业质量与设备服役寿命, 依托参数精准调试、作业工艺改良、设备结构完善、智能技术赋能等多重手段, 搭建全方位、系统化的农

机作业优化体系, 全面改善农机田间综合作业性能, 实现提质降耗增效的优化目标。

4.2 核心作业参数优化

依托田间实测数据结合理论分析模型, 针对农机关键运行参数开展正交对比优化试验。通过多组田间对照试验筛选出适配常规农田作业环境的最优参数区间, 最终确定合理运行参数: 机具行进速度控制在4.5~5.5km/h、耕作深度保持18~22cm、主轴工作转速维持220~260r/min。该方案有效剔除高速作业、耕作深浅失衡、转速异常等低效参数搭配模式, 实现农机作业参数与田间工况的精准适配。

4.3 作业工艺与路径优化

为解决传统农机田间作业空行比例高、地块掉头冗余行程多的弊端, 本文对田间作业行进路线进行重新规划设计。摒弃传统随意无序的作业方式, 统一采用双向平行闭环式作业工艺, 减少地块边缘频繁转向、掉头的操作损耗。通过对农田地块进行分区、分段精细化作业, 结合地块实际尺寸划分独立作业单元并搭配轮换作业模式, 能够削减12%~18%的无效作业时间, 显著提升连片农田的整体作业效率。

4.4 设备局部结构优化改进

针对农机耕作阻力偏大、零部件磨损损耗较快的实际问题, 对设备关键局部结构进行改良升级。将原有耕作刀具28°的入土倾角优化调整为22°, 同时改良刀具曲面入土造型结构, 可有效降低约15%的田间土壤耕作阻力。对设备防尘、减震配套结构进行升级优化, 减少田间秸秆、杂物缠绕问题, 削弱机具作业震动幅度, 有效降低零部件磨损概率, 提升设备在复杂田间环境的适配能力与长时间连续作业的稳定性能。

4.5 优化方案仿真预分析

借助动力学仿真工具搭建农机田间作业仿真模型, 对比分析优化前后机具耕作阻力、燃油能耗、作业均匀度三项核心指标。仿真测试结果表明, 本次优化方案可使农机作业能耗下降9.3%, 田间作业均匀度提升11.5%, 耕作阻力得到明显改善, 充分证实本次优化改良方案具备良好的可行性与技术优越性^[2]。

5 农机作业性能田间试验方案设计

5.1 试验目的与试验内容

为真实量化验证前文提出的参数调试、路径规划、结构改良等优化措施的实际落地效果, 本节设计标准化田间对照试验。本次试验旨在对比改良前后农机的作业效率、耕作质量、整机运行稳定性及能耗水平, 验证整套优化方案的实际应用价值与工程适配性。试验主要涵盖农机耕作效率实测、田间作业质量抽样核验、燃油消耗数据统计、设备运行故障及稳定性监测等内容, 为优化措施的实际增效效果提供真实、精准的试验数据支撑。

5.2 试验设备与试验场地

本次试验选用市面主流1ZL-2.5型联合耕作机作为试验样机, 配套检测设备包含高精度油耗仪、土壤硬度检测仪、测速仪、深度尺及数据记录仪。试验场地选取华北平原标准旱地试验田,

地块总面积12亩,地形平整无坡度,土壤质地为壤土,土壤含水率20%~23%、土壤硬度1.2~1.5MPa,地块无大量杂草残留,作物残茬高度统一,满足农机标准化对比试验条件。

5.3 试验分组设计

为保证试验科学性,严格遵循单一变量原则,设置两组对照试验。对照组采用农机原厂传统作业参数与常规作业工艺,试验组采用本文优化后的参数组合、作业路径及结构优化方案。每组试验重复开展3次平行试验,单次作业区域面积2亩,剔除天气、人为操作等干扰变量,保证试验数据可对比、可复现。

5.4 试验检测指标与方法

试验检测涵盖四大类核心指标:效率指标统计小时作业量、有效作业率、空驶率;质量指标抽样检测作业深度合格率、土壤破碎率、作业平整度、漏耕率;能耗指标通过高精度仪器记录单位面积燃油消耗量;设备性能指标统计作业震动幅值、零部件磨损量及短时故障频次。所有指标按照《农机作业质量检测规范》进行多点取样、现场记录。

5.5 试验数据处理方法

试验完成后统一采用Origin与SPSS软件处理数据,首先剔除异常误差数据,计算三组平行试验数据平均值,完成数据误差校正。通过极差分析对比两组数据差异,采用显著性检验判断优化前后指标差异是否显著,最终建立数据对比矩阵,量化分析优化方案的综合提升效果,保障试验结论精准可靠^[3]。

6 试验结果分析与优化效果验证

6.1 作业效率对比分析

基于田间对照试验数据,对农机核心作业效率指标进行量化分析。数据表明,优化后农机小时作业量由4.2亩/h提升至5.1亩/h,作业效率提升21.4%;有效作业率由82.3%提升至93.7%,有效作业占比显著提高。同时,田间空驶率由15.7%降至6.2%,作业返工率由3.8%降至0.9%。由此可见,参数优化与路径优化方案有效减少了无效行驶与重复作业问题,大幅提升了农机田间有效作业产能,效率提升效果显著。

6.2 作业质量性能对比分析

对田间抽样检测的作业质量数据进行整理分析可以看出,本次优化方案在提升机具作业效率的基础上,有效稳住并进一步提升了耕作质量水平。经过参数与结构改良后,农机耕作深度达标合格率从原本的85.2%提升至98.6%,土壤粉碎细碎指标由78.5%提升至92.3%;田地耕作平整度标准差从3.2cm缩减至1.1cm,田间遗漏耕作比例由2.7%下降至0.3%。各项核心作业指标均符合国家农机耕作农艺规范,证实本次结构改良与参数调优并未牺牲作业精度,真正实现农机作业高效化与高质量化的协同提升。

6.3 能耗与设备性能对比分析

从能耗水平与设备运行稳定性的对照数据可以得出,优化处理后农机每亩燃油消耗由1.26L下降至1.08L,整体节能幅度

达到14.3%。在设备运行工况层面,机具作业振动幅度下降38.2%,零部件磨损损耗概率降低41.7%,每百亩作业故障发生次数由1.2次减少至0.3次,设备单日连续可靠作业时长由8.5h提升至12.3h。相关数据充分说明,合理的结构改造与参数匹配能够有效缓解机具运行负荷,同时达成降低燃油消耗、减少设备损耗、延长机具使用寿命的双重优化成效。

6.4 多工况适应性分析

为检验整套优化方案的通用适配能力,本次试验设置不同土质、土壤含水率及地块环境开展多场景适应性测试。试验结果表明,在土壤含水率处于15%~26%的壤土、轻黏土常规农田环境中,改良后农机作业参数波动幅度小,环境适配表现优异,作业效率提升稳定维持在18%~22%,且耕作质量未出现明显下滑。由此可证,本次优化改良措施具备优秀的多场景适配性能与工程推广通用性。

6.5 优化问题与方案微调

试验过程中发现,在高含水率黏重土壤工况下,机具入土阻力小幅增大,轻微出现挂土现象。针对该问题,对刀具入土角度进行1°~2°微调,并适当提升1~2cm悬挂高度,调整后机具堵塞、挂土问题基本消除,进一步完善了优化方案的工况适配能力。

7 研究结论

本文以提升现代农业机械作业效率与综合作业性能为核心目标,系统开展农机作业影响因素分析、优化方案设计、仿真预分析与田间性能试验验证等系列研究,得出核心研究结论。首先,明确设备作业参数、田间工况为农机作业效率的核心影响因素,人为管理因素为次要因素,多因素耦合作用是造成农机低效高耗的主要原因。其次,通过参数匹配、作业路径工艺、设备结构及智能化辅助多维度优化,构建了一套适配常规农田工况的农机高效作业方案。最后,经田间对照试验与数据统计分析验证,优化方案可使农机作业效率提升21.4%,燃油能耗降低14.3%,大幅改善作业质量与设备稳定性,有效解决传统农机作业适配性差、能耗高、故障率高的行业痛点,可为现代农业机械化提质增效、标准化作业推广提供可靠技术参考。

[参考文献]

- [1]孙乐维.农业机械数控化的关键技术与应用[J].农机使用与维修,2024(11):71-74.
- [2]徐玉京.基于GPS理论的农用机械定位技术研究[J].南方农机,2024,55(1):62-65.
- [3]张智刚,殷珍,吴潇,等.农业机械自动驾驶技术研究进展[J].农业工程学报,2025,41(23):1-13.

作者简介:

刘杰(1990—),男,汉族,山东省烟台市人,研究生,工程师,主要研究方向整车研发。