

# 低碳农业视角下农机作业减排技术的应用效果评估

卢国庆

泸西县向阳乡人民政府

DOI:10.32629/as.v9i1.3656

**[摘要]** 低碳农业是应对气候变迁、促进农业持续发展的关键策略,农机作业是农业碳排放主要源头,其减排技术探索与实施是农业低碳转型关键。本文整理了农机作业减排核心技术,包括动力系统改进、智能精准作业、轻量化结构优化、新能源应用,并建立评价体系。剖析技术实际表现,探讨其效用,揭示应用挑战。研究指出,农机作业减排技术运用需灵活选择,结合技术创新、政策扶持与市场驱动,挖掘减排潜能,促进农业机械化与低碳化同步发展。

**[关键词]** 低碳; 持续发展; 智能精准; 减排技术; 农业机械化

**中图分类号:** TF761+.2 **文献标识码:** A

## Application Effect Evaluation of Agricultural Machinery Operation Emission Reduction Technology from the Perspective of Low-carbon Agriculture

Guoqing Lu

Xiangyang Township People's Government, Luxi County

**[Abstract]** Low-carbon agriculture is a crucial strategy for addressing climate change and promoting sustainable agricultural development. Agricultural machinery operations are a primary source of agricultural carbon emissions, and the exploration and implementation of emission reduction technologies in this area are key to agricultural low-carbon transformation. This paper consolidates core technologies for emission reduction in agricultural machinery operations, including improvements in power systems, intelligent and precision operations, lightweight structural optimization, and the application of new energy sources, and establishes an evaluation system. It analyzes the actual performance of these technologies, explores their effectiveness, and reveals challenges in their application. The study indicates that the application of emission reduction technologies in agricultural machinery operations requires flexible selection, combining technological innovation, policy support, and market-driven forces to tap into emission reduction potential and promote the synchronous development of agricultural mechanization and low-carbonization.

**[Key words]** low-carbon; sustainable development; intelligent precision; emission reduction technology; agricultural mechanization

### 引言

全球气候变暖下,农业作为温室气体排放大户,低碳转型成国际共识<sup>[1]</sup>。低碳农业以“低能耗、低排放、低污染”为特征,通过创新、优化与升级,保障粮食安全同时减少对生态影响,是实现“双碳”目标的重要领域。农业机械化虽提升效率、减轻劳动强度,但传统农机以化石能源为动力,碳排放量大,制约农业低碳化。

随着农业机械化水平提升,农机作业的能源消耗与碳排放问题凸显,研发与应用减排技术成农业绿色转型迫切需求。农机作业减排技术通过优化农机装备等,从源头减少能源消耗与污染物排放<sup>[2]</sup>。当前,各类技术不断涌现,但应用场景、减排机理

与效果差异大,部分技术推广面临适配性、成本、农户接受度等问题,需建立评估体系全面分析。

基于此,本文从低碳农业视角,梳理农机作业减排技术类型与特征,构建评估框架,分析应用价值,探讨推广瓶颈与优化路径,为推动技术规范应用、提升农业低碳化水平提供参考。

### 1 低碳农业与农机作业减排的理论基础

#### 1.1 低碳农业内涵与要求

低碳农业融合生态、循环、精准农业,在保障农业生产与农产品质量安全前提下,最大限度减少全过程的碳排放,实现经济与生态协同发展。它不仅要求减少化肥、农药使用,更强调优化能源消耗结构,降低对化石能源依赖,构建低碳化生产体系。

在“双碳”战略下,低碳农业呈技术化、系统化、规模化特征。技术化体现为多种技术广泛应用;系统化表现为全方位低碳化转型;规模化要求适度规模经营为技术推广提供空间。农机作业是关键环节,其减排效果影响低碳农业整体水平,减排技术应用成为重要支撑<sup>[3]</sup>。

### 1.2 农机作业碳排放来源与减排机理

农机作业碳排放主要来自直接排放(农机发动机燃烧化石燃料产生的气体)和间接排放(农机装备制造、运输、维护及能源生产环节的碳排放),直接排放是主要形式,与农机动力类型等密切相关。

农机作业减排技术核心机理是通过创新降低能源消耗、优化排放结构,实现源头控制与过程削减。减排路径包括提高能源利用效率、新能源替代、优化作业模式以及应用智能控制技术实现精准高效作业,避免能源浪费。

### 1.3 农机作业减排与低碳农业协同关系

农机作业减排是低碳农业的重要组成部分,二者紧密协同。一方面,减排技术应用减少农业生产碳排放,为低碳农业提供技术支持;另一方面,为低碳农业发展创造良好政策环境与市场需求,推动减排技术创新完善。

二者协同发展体现在多层面:生产层面,减排技术降低能源消耗与碳排放,符合低碳农业要求;技术层面,低碳农业需求推动农机装备升级,促进新能源、智能控制技术与机械化融合;产业层面,二者协同推动农业产业链低碳化转型,提升可持续发展能力。

## 2 农机作业减排技术类别与特性

### 2.1 动力系统升级技术

动力系统是农机作业能源消耗与碳排放的核心,该技术聚焦发动机结构改良、燃烧效率提升及尾气净化处理,以提高燃油利用率、减少排放。发动机结构升级,引入先进工艺与优化零部件设计,降低摩擦损耗、提升热效率。如优化气缸构造、采用高效燃油喷射系统促进充分燃烧,减轻零部件重量提升能源利用效率。燃烧过程优化,调整发动机运行参数,实现高效清洁燃烧。借助电子控制系统实时监测,根据负荷调整燃油供给与点火时机;应用贫燃、稀燃等技术,减少燃油消耗与碳排放。尾气净化技术,安装净化装置处理有害气体,如选择性催化还原技术(SCR)将氮氧化物转化为氮气和水,废气再循环技术(EGR)降低燃烧温度减少氮氧化物排放。

### 2.2 智能调控与精准作业技术

该技术依托现代信息技术,实现农机作业精准化与智能化管理,降低能耗与碳排放。精准感知技术,在农机上安装多种传感器,实时获取土壤、作物及位置等数据。如利用土壤传感器监测肥力精准施肥,利用位置传感器与北斗导航系统定位农机。智能决策与控制技术,基于感知数据,运用人工智能算法与动态控制理论优化作业参数。如构建作业速度与能耗模型,根据土壤阻力调整速度;利用多传感器融合技术监测作业状态,避免能源浪费。作业路径优化技术,借助北斗导航与地理信息系统规划最优

路径,减少空驶与重复作业。如在播种、收获时实现直线行驶与自动转弯,根据地形与作物分布优化作业顺序。

### 2.3 轻量化与结构改进技术

该技术通过采用轻质材料、优化结构及减少冗余部件等方式降低农机能耗,实现减排。轻量化材料应用技术,利用铝合金、碳纤维等轻质高强度材料替代传统钢材,减轻装备重量。如采用铝合金制造机身、车架,利用碳纤维制造作业工具,降低牵引阻力与燃油消耗。结构优化设计技术,简化装备结构、减少零部件数量,降低重量与运行阻力。如优化传动系统结构,减少传动级数并采用高效传动装置;对作业部件进行模块化设计,提高通用性与作业效率。

### 2.4 新能源替代技术

新能源替代技术利用太阳能、电能、生物质能等清洁能源替代传统化石能源驱动农机作业,从源头上减少碳排放。电动农机以电池为动力源,电机驱动作业,具有零排放、低噪音及成本低的特点。其核心技术为动力电池与电机控制技术,续航与作业效率不断提升,已广泛应用于小型拖拉机、植保机械等领域。如电动植保无人机利用电池供电实现零排放,作业效率高、农药利用率高。太阳能辅助动力技术通过在农机上安装太阳能电池板将太阳能转化为电能辅助作业,可与动力电池配合使用延长续航,也可直接为控制系统、照明设备等供电减少能源消耗。生物质能替代技术以生物质燃料为农机动力源替代柴油、汽油等。生物质燃料来源于农业废弃物,具有可再生性且碳排放低,燃烧后的二氧化碳可被农作物吸收实现碳循环。常见燃料包括生物柴油、生物乙醇等,传统农机发动机经简单改造即可使用。

## 3 农机作业减排技术应用效果评估体系

### 3.1 评估维度设定

基于低碳农业需求与农机作业特性,从环境效益、经济效益及作业适配性三个维度构建评估体系,全面衡量技术应用价值与推广潜力<sup>[4]</sup>。环境效益作为核心评估维度,主要衡量技术减少碳排放及降低污染物排放的效果,体现其对低碳农业的支撑作用。核心指标包括单位作业面积碳排放量、单位能耗碳排放量等,通过对比减排前后排放数据量化效果。经济效益评估技术应用对农业生产成本及效率的影响,反映其市场竞争力与推广可行性。核心指标包括单位作业面积能源成本、农机维护成本等。减排技术虽可能增加初始购置成本,但长期使用可节约成本并提升经济效益。作业适配性评估技术与农业生产需求的匹配程度,包括适应不同区域、作物及经营规模的能力以及操作便捷性、可靠性等。核心指标包括适用作业场景范围、对操作人员技能要求等。作业适配性影响农户接受度,是技术推广的关键因素。

### 3.2 评估方法选择

农机作业减排技术应用效果复杂,需采用定性与定量结合的评估方法。定性评估分析作业适配性、政策符合性等难以量化指标,通过实地调研、农户访谈、专家咨询收集反馈,评估应用价值。定量评估衡量环境与经济效益,对比减排前后数据量化

效果,如用生命周期评价法计算碳排放量,通过成本效益分析计算能源成本节约、减排收益等。综合评估构建多指标体系,结合层次分析法、模糊综合评价法等打分排序,为技术选择与推广提供依据。

#### 4 农机作业减排技术的应用效果分析

##### 4.1 环境效益分析

各类农机作业减排技术能降低碳排放与污染物排放,支撑低碳农业发展。动力系统优化技术提高燃油利用效率、优化尾气处理,减少碳排放与污染物排放。发动机结构与燃烧过程优化降低燃油消耗与二氧化碳排放;SCR、EGR等尾气处理技术降低氮氧化物、颗粒物排放。智能控制与精准作业技术减少无效作业、优化作业参数,间接降低能源消耗与碳排放。轻量化与结构改进技术降低农机重量与运行阻力,减少牵引能耗,间接降低碳排放。新能源替代技术改变农机能源消耗结构,实现零排放或低排放作业。

##### 4.2 经济效益分析

农机作业减排技术经济效益体现在能源成本节约、维护成本优化、作业效率提升等方面。动力系统优化技术初始投资低,经济效益源于燃油成本节约与维护成本降低。智能控制与精准作业技术经济效益体现在作业效率提升与投入品节约。轻量化与结构改进技术经济效益表现为能源成本节约与农机寿命延长。新能源替代技术初始购置成本高,但运行成本低,随着技术成熟与规模化应用,经济效益将提升。

##### 4.3 作业适配性分析

不同农机减排技术适配性差异大,其效果与区域生产条件、作物、经营规模等因素紧密相关。

动力系统优化技术通用性强,适用于各类传统燃油农机改造,EGR技术因便捷受小型农户欢迎,SCR技术减排效果好,适合规模化农场。

智能控制与精准作业技术对作业规模和人员技能有要求,更适合规模化生产,大规模农场能借此节约投入品,小型农户则难以发挥其优势。

轻量化与结构改进技术适用于对牵引阻力敏感的农机,在平原、规模化种植场景效果好,复杂地形则适配性差。

新能源替代技术适配性受能源供应和作业强度影响大,电动农机适合短途低强度作业,太阳能辅助动力技术需光照充足,生物质能替代技术适合生物质资源丰富区域。

#### 5 农机减排技术应用问题与优化

##### 5.1 主要问题

农机作业减排技术面临多重挑战:技术适配性不足,部分技术未充分考虑区域农业生产条件,导致应用效果不佳;推广机制不完善,政策支持与市场激励不足,农户购置成本高,且技术推广服务体系不健全,影响技术推广应用;维护体系不健全,部分技术核心零部件维修复杂,配件供应不及时,影响农户使用意

愿;技术集成创新不足,以单一技术推广为主,缺乏不同技术集成融合,且专用减排技术研发不足,技术针对性与实用性有待提升。

##### 5.2 优化路径

需多举措提升农机作业减排水平:一是加强技术适配性研发,针对不同区域、场景及作业环节,开发低成本、易操作、适配性强的减排技术与装备,优化新能源农机动力系统及能源补给体系;二是完善政策支持与推广机制,加大政策支持,优化补贴,建立多元资金投入机制,健全推广服务体系,提高农户认知与操作能力;三是构建健全维护服务体系,加强网络建设,培养专业人员,建立零部件供应保障体系,推行售后服务标准化,鼓励新型服务模式;四是推动技术集成创新,加强不同技术融合,构建一体化减排方案,推动技术与生产模式深度融合,构建低碳作业模式,加强产学研合作,提升整体技术水平。

#### 6 结论

农机作业减排技术是低碳农业发展、达成农业“双碳”目标的关键,影响农业机械化与低碳化协同发展水平。本文分析其类型、特征与应用效果后得出:

该技术有动力系统优化、智能控制与精准作业、轻量化与结构改进、新能源替代四大路径,各类技术差异明显。动力系统优化技术通用且减排稳定,是主流;智能控制与精准作业技术间接减排,规模化生产效益好;轻量化与结构改进技术靠降能耗减排,适配性受地形等影响大;新能源替代技术零排放,是未来方向。

应用效果上,环境效益显著,能降低碳排放与污染物排放;经济效益上,可节约成本,但投资回收期 and 初始成本有别;作业适配性与区域生产条件等紧密相关,需要差异化选择。

目前该技术应用存在适配性、推广机制、维护体系、技术集成创新不足等问题,需加强适配性研发、完善政策与推广机制、健全维护服务体系、推动技术集成创新来解决。未来要强化研发推广,推动技术与农业生产融合,助力低碳农业发展。

#### [参考文献]

[1]胡羽.低碳经济背景下农业经济发展方式转变的探析[J].低碳世界,2020,10(07):203-204.

[2]赵和萍.“双碳”目标下农业碳排放效率与农业机械化时空耦合特征及驱动因素[J].中国农机化学报,2025,46(12):363-370.

[3]丁海宁.能源经济学视角下的低碳农业经济发展路径[J].中国管理信息化,2025,28(24):112-114.

[4]代方进.农业机械化作业中的节能减排技术研究[J].农业开发与装备,2025(12):205-207.

#### 作者简介:

卢国庆(1972--),男,汉族,红河州泸西县人,本科,正高,研究方向:农业机械化。