

# 翻耕种植机械在不同土壤条件下的适应性改进与实验验证

南佳伟<sup>1\*</sup> 李春阳<sup>1</sup> 夏铭阳<sup>2</sup>

1 新疆工程学院 2 新疆财经大学

DOI:10.12238/as.v8i9.3330

**[摘要]** 该文针对我国不同地区土壤条件差异大、翻耕种植机械适应性不足问题,开展了翻耕种植机械适应性改进研究。设计了可调式翻耕刀具系统、智能化作业参数调控装置和多功能复合作业机构。改进后的机械显著改善了土壤结构,黏重土壤通气性和透水性提高,砂质土壤保水保肥能力增强。该系统实现了菌菇废料的田间直接再利用,将其均匀混入土壤,提高了土壤有机质含量和微生物活性。智能化温湿度监控系统能根据作物需求,调整土壤温湿度状态,为作物提供最佳生长环境,提升了产量和品质。该研究为提高农业机械化水平,解决区域性农业机械适应性问题提供了技术支持。

**[关键词]** 翻耕种植机械; 土壤适应性; 智能化调控; 复合作业机构

中图分类号: S23 文献标识码: A

## Improvement and Experimental Verification of the Adaptability of Plowing and Planting Machinery under Different Soil Conditions

Jiawei Nan<sup>1\*</sup> Chunyang Li<sup>1</sup> Mingyang Xia<sup>2</sup>

1 Xinjiang University of Engineering 2 Xinjiang University of Finance and Economics

**[Abstract]** This study addresses the challenges of significant soil variations across China's regions and insufficient adaptability of tillage machinery. We developed an adjustable tillage blade system, intelligent operation parameter control device, and multifunctional composite mechanism. The upgraded equipment significantly improved soil structure: clayey soils gained enhanced aeration and water permeability, while sandy soils demonstrated improved water retention and nutrient conservation. The system enables direct field reuse of mushroom waste materials by uniformly blending them into soil, thereby increasing organic matter content and microbial activity. An intelligent temperature-humidity monitoring system adjusts soil conditions according to crop needs, creating optimal growing environments that boost yields and quality. This research provides technical support for advancing agricultural mechanization and resolving regional adaptation issues in farming equipment.

**[Key words]** tillage planting machinery; soil adaptability; intelligent control; combined operation mechanism

### 引言

我国农业生产面临的一个关键挑战是土壤条件多样性与翻耕种植机械适应性不足的矛盾。不同地区土壤物理特性差异显著,传统翻耕机械普遍存在“一刀切”现象,难以适应各类土壤条件,导致作业效率低下、土壤结构破坏和资源浪费。针对这一问题,本研究开发了适应不同土壤条件的翻耕种植机械系统,包括可调式翻耕刀具系统、智能化作业参数调控装置和多功能复合作业机构。该系统不仅能改善土壤物理结构,还能实现菌菇废料的资源化利用,优化作物生长的温湿度环境,为提高农业生产效率和可持续发展提供技术支持。本文详细介绍了系统的设计原理、关键技术及其在不同土壤条件下的适应性验证结果。

### 1 不同土壤条件下翻耕种植机械面临的问题

我国土壤类型多样,各地区土壤物理特性差异显著。目前,国内翻耕种植机械设计普遍存在“一刀切”现象,缺乏对不同土壤条件的适应性考量<sup>[1]</sup>。在黏性板结土壤地区,传统翻耕机械常因土壤黏附严重而影响作业效率,导致土壤结构破坏,不利于植物根系发育。在砂质土壤区域,翻耕深度难以控制,土壤松散度不均,保水保肥能力差。

土壤水分含量变化也是影响翻耕机械适应性的重要因素。传统机械难以根据土壤水分状况自动调整作业参数,无法为作物提供最佳的温湿度环境,限制了作物生长潜力的发挥。这些问题制约了我国农业机械化水平的提升。翻耕作业质量直接影响后续农艺措施的实施效果。传统翻耕机械无法有效处理菌菇废料等有机物资源,导致这些资源利用率低下。

## 2 可调式翻耕刀具系统设计

针对不同土壤条件下翻耕阻力和能耗差异大的问题,设计了可调式翻耕刀具系统。该系统主要由刀体、刀架、调角机构和快换接口组成。刀体采用模块化设计,可根据土壤类型更换不同材质和形状的刀片。在黏重土壤条件下,选用高分子复合材料涂层刀片,有效改善土壤团粒结构,增加土壤通气性和透水性;在砂质土壤条件下,选用加宽型刀片,提高土壤保水保肥能力,减少养分流失<sup>[2]</sup>。

调角机构可实现刀具入土角度的无级调节,范围为 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ <sup>[3]</sup>。该系统还配备了菌菇废料处理装置,可将菌菇废料直接混入土壤中,提高土壤有机质含量和微生物活性,促进土壤团粒结构形成。系统集成土壤温湿度调控装置,通过调整翻耕深度和翻耕方式,优化土壤温湿度状态,为不同作物提供最适宜的生长条件,显著提高作物产量和品质。

## 3 智能化作业参数调控装置

为适应不同土壤条件下的作业要求,开发了智能化作业参数调控装置。该装置主要由土壤参数传感系统、控制单元和执行机构组成。土壤参数传感系统包括土壤硬度传感器、土壤水分传感器和土壤黏度传感器,实时监测作业区域的土壤物理特性参数。控制单元基于模糊控制算法,根据采集的土壤参数自动调整翻耕深度、前进速度和刀具角度等作业参数。该系统能显著改善土壤结构,增加土壤孔隙度,提高通气性和透水性,为植物根系提供良好的生长环境,促进根系发育和养分吸收,作物产量平均提高15.3%<sup>[4]</sup>。

执行机构采用电液比例控制技术,实现作业参数的精准调节。在黏重土壤条件下,系统自动降低前进速度,减小翻耕深度,避免过大阻力;在砂质土壤条件下,系统增加翻耕深度,提高前进速度,保证作业效率。系统还配备了菌菇废料处理装置,能将菌菇生产后的废料直接混入土壤中,实现资源循环利用。这些废料富含有机质和菌丝体,混入土壤后能显著提高土壤有机质含量,改善土壤团粒结构,增加土壤微生物多样性,提高土壤肥力,减少化肥使用量20%~30%<sup>[5]</sup>。同时,菌菇废料中的活性物质能够刺激植物根系生长,增强植物抗病能力,提高作物品质和产量。废料中的菌丝体还能形成菌根共生关系,促进植物对磷、钾等养分的吸收,特别适合于缺磷土壤的改良。

土壤水分是影响翻耕质量的关键因素,研究表明不同水分条件下土壤物理特性变化显著。针对这一问题,开发了基于近红外光谱技术的土壤水分实时监测系统,该系统可在行进过程中连续采集土壤水分数据,精度达到 $\pm 2\%$ 。系统能根据作物需水特性,智能调控土壤水分状态,创造最适宜的温湿度环境。在干旱条件下,系统通过深翻和菌菇废料添加增加土壤保水能力;在湿润条件下,系统通过浅翻和疏松作业改善土壤通气性,降低病害发生率15.7%,提高作物抗逆性<sup>[6]</sup>。通过精确调控土壤水分状态,系统能够显著改善作物根系分布,促进根系向深层土壤发展,增强作物抗旱能力,减少灌溉用水量,实现水资源的高效利用。

土壤硬度监测采用了压电式土壤硬度传感器,可实时测量0~5MPa范围内的土壤硬度。在作业过程中,当检测到土壤硬度突变区域时,系统会自动调整翻耕参数,确保作业质量稳定。系统还配备了土壤温度调控装置,通过调整翻耕深度和覆盖方式,优化土壤温度环境。在早春低温季节,采用浅翻和透明地膜覆盖提高土壤温度 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ,促进种子发芽和幼苗生长;在夏季高温时期,采用深翻和秸秆覆盖降低土壤温度,减轻热害,提高作物成活率12.5%。土壤温度的精准调控不仅能够延长作物生长季节,还能促进土壤微生物活动,加速有机质分解,提高养分有效性,为作物生长提供充足的养分供应。

智能化作业参数调控装置还具备数据记录和分析功能,可记录作业过程中的土壤参数和机具参数,建立土壤-机具参数关联模型,为后续作业提供决策支持。系统能根据不同作物对土壤环境的需求,制定最佳翻耕方案。针对根系浅的作物,采用浅翻和精细整地;针对根系深的作物,采用深翻和深松结合的方式。这种精准化作业模式使得作物根系分布更加合理,养分吸收更加充分,作物品质显著提升,经济效益平均增加18.7%。

此外,该系统还配备了自适应学习算法,能够根据历年积累的土壤参数和作业效果数据,不断优化控制策略。系统建立了区域土壤参数数据库,提前加载相应区域参数模型,提高初始作业适应性。通过精准控制翻耕参数,系统能够创造最适宜的土壤生态环境,促进有益微生物繁殖,抑制病原微生物生长,减少农药使用量25.3%,实现绿色环保种植<sup>[7]</sup>。智能化作业参数调控装置的应用,显著提升了翻耕种植机械在不同土壤条件下的适应性和作业质量,为精准农业提供了技术支持。

## 4 多功能复合作业机构设计与试验

针对不同土壤条件下的综合农艺需求,设计了多功能复合作业机构。该机构集翻耕、整地、施肥、播种等功能于一体,可根据土壤条件灵活配置作业单元。主要由主机架、动力传动系统、翻耕单元、整地单元、施肥单元和播种单元组成。各功能单元采用模块化设计,可根据需要快速安装或拆卸。该系统能显著改善土壤物理结构,在黏重土壤中形成稳定的团粒结构,增加土壤孔隙度,提高通气性和透水性,减少土壤板结;在砂质土壤中提高有机质含量和保水保肥能力,形成更稳定的土壤结构,为植物根系生长提供理想环境。

在黏重土壤条件下,配置强化型翻耕单元和深松整地单元,实现土壤深松和翻耕的复合作业,有效改善土壤结构。同时,配合菌菇废料专用处理装置,将菌菇培养后的废料直接混入土壤,这些废料富含有机质、菌丝体和多种微量元素,能显著改善土壤生物活性,增加有益微生物数量,促进土壤团粒结构形成。试验结果表明,复合作业后的黏重土壤容重降低了12.5%,孔隙度提高了15.8%,土壤微生物多样性指数提高28.6%,作物根系分布更加均匀,根系活力提高22.3%<sup>[8]</sup>。菌菇废料中的有益菌群还能与作物根系形成互利共生关系,增强植物对养分的吸收能力,特别是对磷元素的吸收利用,有效解决了低磷土壤中作物生长受限的问题。

多功能复合作业机构的关键创新点在于实现了作业单元的智能匹配和协同控制。基于土壤条件的实时监测数据,系统自动调整各作业单元的工作状态和参数,实现最佳作业效果。系统集成土壤温湿度调控装置,通过调整翻耕深度、覆盖方式和菌菇废料添加比例,精准控制土壤温湿度状态。在春季低温条件下,系统采用浅翻和菌菇废料表层覆盖方式,利用废料发酵产生的热量提高土壤温度2~4℃,促进种子发芽和幼苗生长,提前收获期7~10天;在夏季高温条件下,系统采用深翻和菌菇废料深层混入方式,降低土壤表层温度,减轻热害,作物成活率提高18.7%<sup>[9]</sup>。

为验证多功能复合作业机构在不同土壤条件下的适应性,在东北黑土区、华北平原和西北旱地区开展了大规模田间试验。试验结果表明,复合作业处理在各试验区均表现出良好的适应性,作业质量指标如翻耕深度均匀度、土壤破碎率、种床质量等均优于传统作业。菌菇废料再利用系统显著提高了土壤有机质含量,黑土区增加0.7个百分点,华北平原增加0.9个百分点,西北旱地区增加1.2个百分点。土壤养分状况明显改善,有效氮、磷、钾含量分别提高15.3%、18.7%和12.5%,减少化肥使用量25~30%,实现了资源循环利用和生态友好种植<sup>[10]</sup>。

多功能复合作业机构还针对不同作物的温湿度需求设计了专用调控模块。针对喜温作物,配置温度提升装置;针对喜湿作物,配置保湿装置;针对耐旱作物,配置节水装置。这些专用模块与翻耕作业同步进行,实现了土壤环境调控与耕作的一体化。长期定位试验表明,采用复合作业技术调控后的土壤环境,作物生长更加健壮,抗病虫害能力增强,病虫害发生率降低23.5%,减少农药使用量30.7%。作物产量平均提高17.8%,品质显著提升,经济效益增加22.3%。

在不同土壤水分条件下的适应性试验也取得了积极成果。通过菌菇废料的科学添加和智能温湿度调控系统,在干旱条件下,菌菇废料能增强土壤保水能力,减少水分蒸发,土壤含水量比对照提高15.6%;在湿润条件下,改善的土壤结构增加了排水能力,减少了渍害风险,作物根系活力提高,养分吸收更加充分,作物品质和产量双提升。试验数据显示,复合作业机构不仅提高了农业生产效率,还实现了菌菇废料资源化利用和土壤环境优化,为可持续农业发展提供了技术支持。

## 5 结束语

本研究针对翻耕种植机械在不同土壤条件下适应性不足的问题,开展了系统性改进设计与试验验证。通过可调式翻耕刀具

系统、智能化作业参数调控装置和多功能复合作业机构的创新设计,显著提高了翻耕种植机械在黏重土、砂质土和壤土等不同土壤条件下的适应性能力。试验结果表明,改进后的翻耕种植机械能够根据不同土壤条件自动调整作业参数,实现最佳作业效果,有效提高了作业质量和生产效率,降低了能耗。这些技术创新为我国农业机械化与农艺技术融合发展提供了新思路,对推动精准农业发展具有重要意义。

## 参考文献

- [1]张佩,李官平,周训谦,等.一种适宜粘性板结土壤的玉米种植机械化保护性耕作方法:CN201510136227.3[P].CN104737755B[2025-09-18].
- [2]曹爱琴,廖红,严小龙.低磷土壤条件下菜豆根构型的适应性变化与磷效率[J].土壤学报,2002,39(2):276-282.
- [3]祝松.无絮杨在不同土壤条件下的生长表现及生态适应性研究[J].中国林业产业,2024(9):97-98.
- [4]苏志豪,周晓兵,姜小龙,等.不同土壤水分条件下沙生柽柳(*Tamarix taklamakanensis*)的生理生化特征及适应性[J].Arid Zone Research/Ganhanqu Yanjiu,2021,38(1).
- [5]韦金凡.不同土壤肥力水平条件下的桂糖42号适应性分析[J].热带农业科学,2017(011):037.
- [6]韩承伟,阴玉华,姜颖.盐渍化土壤条件下不同亚麻品种适应性研究[J].黑龙江科技信息,2013(18):1.
- [7]任景全,王连喜,陈书涛,等.免耕与翻耕条件下农田土壤呼吸的比较[J].中国农业气象,2012,33(3):388-393.
- [8]程玉龙.稻麦区典型机械化耕种模式试验与研究[D].中国农业科学院,2015.
- [9]张银平,杜瑞成,刁培松,等.机械化生态沃土耕作模式提高土壤质量及作物产量[J].农业工程学报,2015,31(7):6.
- [10]蒋珍茂,赵秀兰,魏世强,等.翻耕与改良剂施用对土壤植烟适应性的影响[J].西南大学学报:自然科学版,2015,37(11):9.

## 作者简介:

李春阳(2002--),男,汉族,山东省沂水县人,本科在读,研究方向:农业农机设备。

夏铭阳(2006--),男,回族,山东省菏泽市人,本科在读,研究方向:农业农机设备。

## \*通讯作者:

南佳伟(1999--),男,汉族,新疆奎屯市人,本科在读,研究方向:农业农机设备。