

红塔区丘陵农田残膜机械回收率的影响因素

马利红¹ 张亚楠¹ 吴国斌²

1 玉溪市红塔区农业机械监督管理站

2 云南省玉溪市红塔区农业农村综合开发服务中心

DOI:10.32629/as.v9i8.4199

[摘要] 针对红塔区丘陵农田地块零散、坡度变化大及残膜分布复杂等问题,采用文献归纳与因素分类方法,梳理地形条件、农艺措施、机械装备和作业管理对残膜机械回收率的作用路径。分析表明,坡度、地表起伏、地膜力学性能、根茬干扰、捡拾参数及作业时机共同制约回收过程。提出机具轻量化与仿形化、农机农艺协同、智能监测及长效保障等优化方向,为丘陵农田残膜机械化治理提供参考。

[关键词] 丘陵农田; 残膜回收; 机械回收率; 农机农艺协同

中图分类号: S223 文献标识码: A

Influencing Factors on the Mechanical Recovery Rate of Residual Films in Hilly Farmland of Hongta District

Lihong Ma¹ Ya'nan Zhang¹ Guobin Wu²

1 Agricultural Machinery Supervision Station of Hongta District, Yuxi City

2 Agricultural Comprehensive Development Service Center of Hongta District, Yuxi City, Yunnan Province

[Abstract] In response to the problems such as scattered hilly farmland plots, large slope variations, and complex distribution of residual films in Hongta District, this study uses the methods of literature summarization and factor classification to explore the paths through which terrain conditions, agricultural measures, mechanical equipment, and operation management affect the mechanical recovery rate of residual films. The analysis shows that slope, surface undulation, mechanical properties of the film, root 茬 interference, picking parameters, and operation timing jointly restrict the recovery process. It proposes optimization directions such as lightweight and conforming machinery, collaboration between machinery and agriculture, intelligent monitoring, and long-term guarantee, providing a reference for the mechanized management of residual films in hilly farmland.

[Key words] Hilly farmland; Residual film recovery; Mechanical recovery rate; Machinery and agriculture collaboration

引言

地膜覆盖可改善土壤水热条件,在烤烟、蔬菜等作物生产中应用广泛,但残膜长期积累后易破碎并混入耕层,增加整地与机械作业难度。现有研究多面向平整大田,重点优化弹齿式、链齿式、滚筒式机具的捡拾结构、运动参数和膜土分离性能,对丘陵地块适应性关注不足^[1]。红塔区丘陵农田坡度变化明显,地块狭小分散,垄向不统一,机耕道条件受限,作业中易出现侧向偏移、入土深度波动、地头漏捡及输送堵塞。残膜回收率并非由单一部件决定,而是受地形、农艺、装备和管理等多种因素共同制约^[2]。基于此,本文系统归纳各类因素及其作用环节,提出适宜丘陵条件的优化方向,以期红塔区残膜回收机具选型、作业组织及农田环境治理提供依据。

1 红塔区丘陵农田残膜机械回收现状

红塔区丘陵农田以坡耕地和零散小地块为主,田块边界不规则,机耕道宽度、转弯半径及地面平整度差异较大。地膜主要用于烤烟、蔬菜等作物保墒增温,覆膜宽度、厚度及铺设方式不统一。作物收获后,残膜多呈条带状、片状或碎片状分布,并与根茬、秸秆及表层土壤混杂^[3]。现有回收作业以搂膜、挑膜和卷膜类机具为主,多由小型拖拉机配套完成,流程包括清障、起膜、集膜和卸膜。受地块转场频繁、机具仿形不足及膜土分离不充分影响,仍存在漏捡、缠绕、堵塞和含杂率偏高等问题,回收质量缺少统一检测与记录。

2 残膜机械回收率的主要影响因素

2.1 农田地形条件

农田坡度直接影响残膜回收机的纵向稳定性、横向侧倾及捡膜部件入土深度。坡度小于6°时,机具行驶姿态较稳定,捡膜

部件与地面接触状态相对均匀;坡度为 $6^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 时,牵引阻力和侧向偏移增大,驱动轮附着条件发生变化,捡膜齿入土深度易产生波动;坡度超过 15° 后,机组转向、制动及横坡作业受限,局部滑移、机架倾斜和作业轨迹偏离现象增多,漏捡风险明显增加。地块形状和连片程度决定有效作业行程。狭长、三角形及边界弯曲地块需要频繁转向和升降机具,地头非作业区占比增大;单块面积较小、地块间高差明显或机耕道衔接不足时,转场次数增加,连续回收过程被切割,边角区域难以保持稳定作业姿态。地表起伏会改变捡膜部件与地面的相对距离,当垄沟高差、局部凹坑或土埂超过机具仿形调节范围时,易出现捡膜齿悬空或入土过深。石块、残茬、田埂及灌溉设施属于主要障碍物,会阻断残膜输送路径,并增加部件碰撞、缠绕和堵塞概率。因此,丘陵农田地形对回收率的影响主要通过机具姿态变化、有效作业长度缩短、边角覆盖不足及捡膜深度不稳定共同形成。

2.2 农艺措施因素

地膜材料性能决定机械起膜时的完整性。厚度低于 0.010mm 或老化程度较高的地膜抗拉强度下降,受捡膜齿牵拉后易形成小尺寸碎片;厚度均匀、纵横向断裂伸长率匹配的地膜更易保持连续膜带,便于后续输送和集膜。覆膜质量影响残膜埋压状态,铺膜过松易产生褶皱和局部堆叠,铺膜过紧则可能在作物生长及土壤沉降过程中提前破裂;膜边覆土宽度、覆土厚度不一致,会造成残膜埋深波动,局部深埋区域需更大的起膜力^[4]。收获后根茬和秸秆若未进行切碎、清运或均匀覆盖处理,易与残膜交织,增加膜土、膜茬分离难度,其中长秸秆和高茬更易缠绕捡膜与输送部件,根系发达区域还可能形成膜片与土块的复合体。土壤含水率影响土块黏附和起膜阻力,含水率过高时膜面覆土增加,黏性土壤易在筛分部件表面聚积;含水率过低时表层土壤硬化、裂隙增多,地膜易嵌入缝隙或被土块压覆。深翻、旋耕等作业若先于残膜回收实施,会将表层残膜切碎并带入更深层,因此回收顺序、耕作深度、秸秆处理方式及地表整理程度均需与残膜分布状态协调。

2.3 机械装备因素

残膜回收机的结构参数决定捡拾范围、入土状态及膜土分离过程。工作幅宽应与丘陵地块行距、垄宽及配套拖拉机轮距匹配,幅宽过大会增加转向和侧向稳定控制难度,并加剧不规则地块边缘漏作;幅宽过小则增加重复作业区域和往返次数。捡膜齿间距通常控制在 $30 \sim 60\text{mm}$,入土深度宜为 $20 \sim 50\text{mm}$;间距过大易遗漏小块残膜,间距过小会增加土壤和秸秆夹带,入土过深还会增大牵引阻力及部件磨损。弹齿滚筒、链齿式捡拾器或起膜铲的运动参数需与机具前进速度协调,捡拾部件线速度与前进速度之比可控制在 $1.2 \sim 1.8$,避免残膜推移、撕裂或回落。输送带速度、筛分间隙及集膜箱容积影响残膜连续输送,输送速度不足易形成堆积,速度过高可能造成膜片抛散;筛孔过大会造成碎膜损失,筛孔过小则易被湿土堵塞。配套动力应覆盖行走、捡拾、输送和卸膜负荷,作业速度宜控制在 $0.8 \sim 1.5\text{m/s}$ 。丘陵机具还需配置独立仿形轮、限深机构、低重心机架及必要的过载

保护装置,以控制捡膜部件相对地面的高度变化,减小坡地冲击对关键部件的影响。

2.4 作业管理因素

作业管理决定机具参数能否持续处于适宜状态。残膜回收宜安排在作物秸秆清理后、耕整地前完成,并避开降雨后土壤黏重或长期失水板结时段;连续作业过程中应根据膜面暴露程度、土壤松紧状态和地块坡度及时调整入土深度及行驶速度,避免采用固定参数贯穿全部地块。作业路线应沿地块较长边布置,优先采用往复式或环绕式行进,减少短距离折返;相邻作业带保持 $50 \sim 100\text{mm}$ 重叠,地头转弯前及时提升捡膜部件,边角区域可设置补作路线,避免漏作、重作及膜体拖带^[5]。机具投入作业前需检查捡膜齿磨损、链条张紧度、输送带跑偏及集膜装置密封状态,捡膜齿变形或磨损量超过原尺寸 10% 时应及时更换;紧固件松动、轴承异响及传动部件润滑不足也需在作业前排除。作业中每完成一个地块应清理缠膜和堵塞物,并复核限深、滚筒转速及输送速度;集膜箱达到规定装载量后及时卸料,防止后段输送受阻。操作人员需掌握坡地起步、低速转向、顺坡行驶和障碍物规避方法,将作业速度波动控制在设定值的 $\pm 10\%$ 以内,避免急加速、急制动及横坡频繁转向。

3 提高丘陵农田残膜机械回收率的优化方向

3.1 适宜丘陵地形机具研发

丘陵农田残膜回收机具研发应围绕小地块、坡地和不规则地表条件控制整机尺寸与质量。机具工作幅宽宜与主要垄宽、行距相匹配,可控制在 $1.2 \sim 1.8\text{m}$,整机采用短轴距、低重心布局,并合理分配前后轴载荷,降低地头转向和横坡行驶难度。捡膜机构宜设置独立仿形单元,通过限深轮、弹性悬挂或液压浮动控制入土深度,调节范围可设为 $20 \sim 50\text{mm}$,使捡膜部件能够随垄面起伏及时升降。针对石块、根茬等障碍物,可配置过载保护、弹齿回避和快速复位结构,防止捡膜齿变形及传动系统瞬时过载。输送、筛分和集膜部件应采用模块化布置,便于根据残膜破碎程度、土壤含水状态调整齿距、筛孔和输送速度。集膜装置可设置压缩或卷膜机构,减少频繁停机卸料。整机动力需求应与丘陵地区常用中小型拖拉机匹配,并预留起膜、捡拾、膜土分离及集膜等联合作业接口,减少多次进地造成的残膜扰动。

3.2 农机农艺协同优化

农机农艺协同应从覆膜规格、种植布局和收获后处理环节统一参数。地膜宽度宜与垄面及回收机工作幅宽匹配,膜边压土宽度控制在 $50 \sim 80\text{mm}$,覆土厚度保持 $20 \sim 40\text{mm}$,避免局部深埋和膜面褶皱。作物行距、垄距及地头长度应满足机组直线行驶、转向和机具升降要求,同一地块尽量采用统一垄向及覆膜方式。收获后先完成秸秆切碎、根茬降低和田间杂物清理,留茬高度宜控制在 80mm 以内,较长秸秆切段长度不宜超过 100mm 。残膜回收应安排在深翻、旋耕前进行,防止耕作部件切碎并翻埋地膜。整地环节需控制垄沟高差和表土大土块比例,减少膜片被压入土层。农艺制度还应明确地膜厚度、铺设方向、揭膜时期及回收顺序,使铺膜、种植、收获和回收形成衔接统一的作业链。

3.3 智能化回收技术应用

智能化回收应围绕作业定位、残膜识别、参数调节和质量记录构建控制链。北斗定位终端可按1~5Hz频率采集机组位置、速度和航向信息,结合地块边界、坡向和障碍物分布生成直线或分区作业路线,并记录漏作、重作、转向及停机位置。机器视觉系统可在机具前端布置工业相机,通过颜色、纹理和形状特征识别裸露残膜、秸秆、石块及裸土区域,图像采集频率宜保持15~30帧/s;光照变化明显时,可增加补光装置或采用多光谱成像降低阴影干扰。控制器依据地表起伏、残膜密度和机具负荷,联动调节前进速度、捡膜部件转速及限深机构,参数更新周期可控制在0.2~1.0s,并设置堵塞、过载和轨迹偏离报警。作业质量监测需同步记录作业面积、运行速度、捡拾宽度、堵塞次数、停机时长及集膜质量,并按地块建立电子档案。对于信号遮挡明显的小地块,可采用北斗、惯性测量单元和轮速传感器融合定位,修正坡地转向和短距离作业中的轨迹漂移,为后续回收质量核验提供连续数据。

3.4 长效保障机制建设

红塔区应将残膜回收纳入丘陵农田建设、农机服务和农业废弃物治理体系。宜机化改造重点完善机耕道、地块出入口及地头转弯区,机耕道有效宽度宜不小于3.0m,并同步整治陡坎、沟渠和零散障碍物。补贴政策应由单一购机支持转向“购机补贴+作业补助+回收量核验”,补助核算关联作业面积、回收质量和残膜含杂率,避免仅按机具数量分配资金。建立统一的残膜回收作业规程,明确回收率、含杂率、地表残留量及检测方法,形成机具准入、作业验收和年度评价制度。村级合作社、农机服务组织和种植主体应建立地块台账,记录覆膜面积、地膜规格、回收时间及交售数量。回收端需配套分类、压缩、暂存和

运输设施,推动农户、作业组织、回收网点及再生利用企业形成稳定衔接。

4 结束语

红塔区丘陵农田残膜回收需要从作业条件重构和全过程管控入手。坡地、小地块及不规则边界决定了机具必须具备低重心、小转弯半径和稳定仿形能力;覆膜规格、垄作布局、留茬高度及耕作顺序应与捡拾机构形成参数对应;机具作业还需配套地块台账、质量核验、维护制度和回收利用网络。单纯提高捡拾部件转速或增加入土深度,可能加剧地膜撕裂、土壤夹带和部件负荷,难以形成稳定回收过程。后续应加强坡度—土壤—残膜—机具耦合试验,建立不同地块条件下的参数数据库与回收率预测模型,研发低成本感知和自适应控制装置,并完善残膜含杂率、地表残留量及作业质量的统一评价方法。

[参考文献]

- [1]李阳.提升农田残膜机械化回收效率的措施和路径[J].广西农业机械化,2026,(2):55-57.
- [2]王春峰.农田残膜机械化回收技术[J].农业机械,2026,(3):90-92.
- [3]韩靓.农业机械在农田残膜监测与治理中的应用[J].中国农机装备,2025,(11):107-110.
- [4]李忠友.农田残膜机械化回收的现状与推广应用[J].河北农机,2025,(14):66-68.
- [5]张超,卢勇涛.新疆兵团农田残膜机械化回收再利用技术模式分析[J].农机科技推广,2024,(10):35-36.

作者简介:

马利红(1976--),男,汉族,云南省玉溪市人,本科,农艺师,主要研究方向:农机。