

弹齿式收膜机主要结构设计

侯书林¹ 张淑敏¹ 孔建铭¹ 张惠友² 那明君² 董欣² 李元强² 杨晓丽²

(1. 中国农业大学工学院,北京 100083; 2. 东北农业大学,哈尔滨 150030)

摘要 针对北方垄作制小根茬作物的田间收膜设计了弹齿式残膜回收机。介绍了该收膜机的结构组成、工作原理及主要工作部件的设计原则,给出了机具的作业性能指标。样机田间测试结果为,残膜收净率 91.6%,纯工作生产率 $0.38 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$;机具结构简单、合理,工作可靠,性能参数达到设计要求。该机具配套动力 13.2 kW,既适用于 700 mm 垄的收膜(1次收双行),也适用于 1 000 mm 的大垄(1次收 1行),通用性较好,具有广阔的推广应用前景。
关键词 农业机械;残膜回收机;收膜工艺;收膜机构

中图分类号 S 223.500.2

文章编号 1007-4333(2004)02-0018-05

文献标识码 A

Development of spring-tooth plastic film collecting machine

Hou Shulin¹, Zhang Shumin¹, Kong Jianming¹, Zhang Huiyou², Na Mingjun²,
Dong Xin², Li Yuanqiang², Yang Xiaoli²

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Northeast Agriculture University, Harbin 150030, China)

Abstract The configuration compose, working principle and design principle on main working parts of spring-tooth type plastic film collecting machine was introduced. The rate of collecting used plastic film was 91.6%, and productivity was $0.38 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$, the power that machine needed is 13.2 kW. The machine was the same with ridge note only 700 mm, but also 1 000 mm. The result indicated that the machine structure was simple and operation and maintenance was convenient.

Key words agricultural machine; used plastic film collecting machine; collecting technological; main working mechanism

地膜覆盖种植工艺在我国已得到普及和推广,但是,田间残膜难以清理,残留于田间的地膜日积月累,会造成严重的“白色污染”,对生态环境、土壤结构和作物生长发育造成不良影响,严重威胁农业的可持续发展。研制和推广性能可靠的残膜回收机具有重要的现实意义。

国外在残膜回收机的研究方面起步较早,但其主要针对的是高强度地膜。在我国,由于成本的原因,田间使用的主要是超薄膜,其厚度仅为 0.007~0.008 mm,强度低,回收困难,给残膜回收机的研制带来了一定的困难。针对国内的具体情况已有多种不同形式适用于不同作物及不同耕作制的残膜回收

机^[1]。笔者针对北方垄作制小根茬作物的田间收膜研制设计了弹齿式残膜回收机。

1 主要结构及工作原理

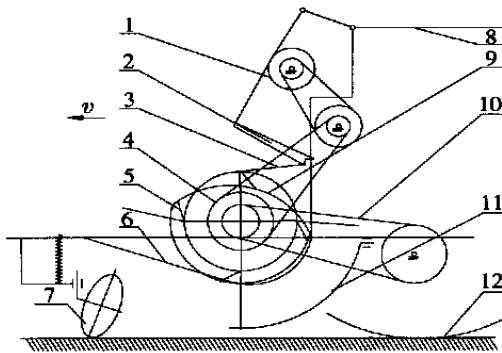
图 1 为弹齿式残膜回收机结构简图。该机由工作部件、机架、集膜箱 8、护板 6、行走轮 12 及传动机构等组成。主要工作部件包括松土部件、起膜部件、拾膜部件和推膜部件 4 部分。拾膜部件由拾膜轮 4 和滑道 9 等组成,推膜部件由推板 2、曲轴和连杆组成,松土部件为曲面圆盘式松土器 7(每垄 2 个),起膜部件为起膜铲 11。

残膜回收机工作时,先由松土器将垄两侧的压

收稿日期:2003-09-15

基金项目:农业部“九五”国家科技攻关项目(96-018-03-03)

作者简介:侯书林,教授,主要从事机械设计及制造工艺方面的研究。



1—曲柄;2—推板;3—弹齿;4—拾膜轮;5—控制杆;6—护板;7—松土器;8—集膜箱;9—滑道;10—链条;11—起膜铲;12—行走轮

图 1 弹齿式收膜机结构简图

Fig. 1 Machine structure

膜土疏松,起膜铲将残膜从垄面抬起;弹齿拾膜轮由行走轮驱动,且两者回转方向相同,在转动过程中,弹齿由前下方入土,将垄面上的残膜沿起膜铲导条向后方挑起,当弹齿转至水平位置时,将膜送入集膜箱后以平行状态继续上移一段高度,以防止残膜从箱门处回落;待下排齿由垂直位置转过 50°后,上移弹齿以平行状态从护板间隙中脱出。与此同时,位于拾膜轮上方的推板,由护板间隙从外部向箱内运动,将已抬起的残膜推入箱的里边,并辅助弹齿脱膜及清除护板间隙中可能存留的残膜,避免弹齿回抽时返带。弹齿拾膜轮的弹齿运动由滑道控制。

2 主要结构设计

收膜机主要工作部件的结构配置和运动参数直接影响收膜机的工作性能。

2.1 松土部件

1) 技术要求。压入土壤里的部分残膜,只有将压膜土疏松后才能抬起^[1]。松土部件的主要作用就是疏松土壤。为此,要求松土部件的入土能力要强,工作深度稳定,不向垄面抛土及不损坏地膜,同时要有良好的脱草性能。通过对多种形式部件的试验,选用曲面圆盘式松土部件。

2) 结构及配置关系。曲面圆盘松土部件结构见图 2。由弹簧加压仿行机构以控制工作深度,曲面圆盘成复合倾角配置(图 3)。圆盘面水平中心线与前进方向的偏角为 $18^\circ \sim 23^\circ$,其垂直中心线与地面的倾角为 60° 。工作时圆盘刃口沿膜边切入膜下,松动压膜土,被翻动起来的膜下土沿曲面流向后方,并可把膜边上抬以利于弹齿拾膜。田间试验结果表明,圆盘部件工作时不缠草,入土深度稳定,

达到工作要求。

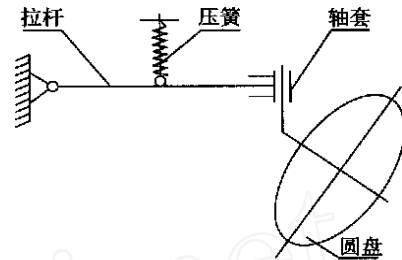


图 2 松土部件结构简图

Fig. 2 Loosening pasts of the machine

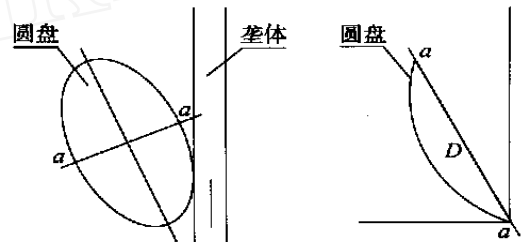


图 3 曲面圆盘配置简图

Fig. 3 Loosening disks

2.2 起膜部件

起膜部件——托膜铲的作用是将残膜从垄面托起后,使其在托膜铲上产生滑移而进入挑膜弹齿的工作区域,为挑膜的顺利进行创造有利条件,并使挑膜区域的土壤疏松,减少弹齿挑膜阻力,提高残膜收净率。

托膜铲进行的是入土作业,其在将残膜从垄面托起的同时,也托起了许多土壤、作物根茬和杂草。机具前进时,如果不能及时清除托膜铲托起的土壤等杂物,就会产生壅土现象,或者托起的残膜被土壤等杂物拥离挑膜弹齿的最佳挑膜区域;或者被土壤等杂物压住,使挑膜工作无法正常进行;或者把残膜拉断,造成漏收。严重时,壅土现象会使机具无法前进,造成工作部件的破坏。因此,起膜部件的设计应考虑:1) 具有铲断或避让根茬等杂物的能力;2) 结构上要有利于托起的土壤和杂物能及时漏下。经过理论分析和试验,针对不同作物设计了 2 种结构的托膜铲。整体式铲(图 4(a))用于较细根茬作物;两体式铲(图 4(b))用于较粗根茬作物。铲头用于松土和抬膜,输导条用于辅助残膜的挑起,以便于向膜箱输送,故其形状应与弹齿尖的挑膜和输送运动相匹配;输导条间隙可使土壤等杂物及时漏下,且挑膜弹齿与托膜铲的配置和相对运动也有利于将托起的土壤等杂物及时排除。

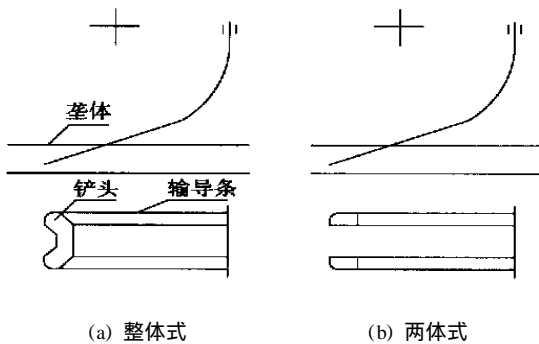


图 4 托膜铲结构示意图

Fig. 4 Shovel for put up the plastic film

2.3 弹齿拾膜机构

1) 弹齿拾膜过程。

弹齿拾膜包括水平推膜、挑膜、上托和回抽 4 个过程。

推膜过程就是弹齿入土后在土壤中运动的过程。在该过程中残膜在齿前堆积,并且混有一些土壤和植株。这个过程越长,则混杂越多。

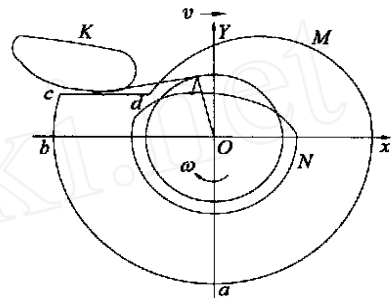
挑膜过程是弹齿将残膜由地表拾入箱内的过程,该过程直接影响收净率和膜与杂物分离的效果。为了减少漏收量,以及减小残膜缠绕工作部件的机会,采用了比较短的工作行程,带来的问题是分土效果不好,这样会使集膜箱内存在一定量的土壤,但不影响正常工作。弹齿挑膜过程是一个很复杂的过程。用新膜试验,每排 6 个弹齿平均只有 2 个齿扎孔挑膜,其余则依靠摩擦等作用拾膜,试验中看到,有许多点并没有扎孔,但在地膜上有弹齿作用的轨迹,即有塑性变形点。这种由塑性变形而产生的摩擦力,在挑膜过程中起着重要的作用。弹齿运动的速度越快,残膜混杂量越多,其作用越明显。所以弹齿拾膜部件的工作,并不完全依靠扎孔拾膜,而是摩擦起着主要作用,其对残膜损坏很小,有利于残膜的完整性。

上托过程是把进入箱门的残膜送入箱内,待后排弹齿转到接近水平位置时,前排弹齿完成上托过程,然后回抽脱膜,可减小对入箱部分残膜的拉力,有助于弹齿脱膜。

2) 弹齿的回转方向和运动轨迹。

弹齿的回转方向和运动轨迹关系到残膜的完整性,同时为了便于残膜的脱落和避免返带缠绕,拾膜过程中拾膜轮回转方向与行走轮相同,使得弹齿沿垄面向后挑膜。当弹齿拾膜轮回转 1 周时,弹齿尖的运动轨迹(图 5, M 曲线)可分为 4 段:圆周挑膜段

(ab 段)、平行上移送膜段(bc 段)、水平回抽脱膜段(cd 段)和曲线回程段(da 段)。拾膜弹齿的控制机构由滑道、控制杆及滚轮等组成,三者的配置要保证控制杆在滑道内转动灵活。拾膜弹齿尖的运动轨迹,由控制滑道曲线保证(图 5)。



M —弹齿尖轨迹曲线; N —控制滑道曲线; K —推板轨迹曲线

图 5 收膜机构运动轨迹曲线示意图

Fig. 5 Plastic film collecting machine movement track

3) 弹齿拾膜轮与行走轮速比的确定。

作业时,弹齿处于垂直位置之前时就开始了挑膜。弹齿除随机具前进外,还向后转动挑膜,为保证可靠的推膜和挑膜,要求弹齿向后的速度 v_1 应大于机器前进的速度 v_2 ,即 $v_1/v_2 > 1$,比值的大小要根据残膜的拉伸率和卸膜的要求来确定。经计算^[3]其比值约为 1.64。这样一方面可以使残膜挑起时被拉成弦长而避免松弛堆积造成二次覆土,影响收膜,另一方面使拾起的残膜干净,便于再生利用;同时不致于将挑起的残膜拉得过紧,导致将挑起的残膜拉断,造成漏收,影响残膜的收净率。

2.4 推膜机构

1) 技术要求。

推膜机构的工作是将弹齿挑到箱门的残膜推进箱内,清除护板间隙中留存的残膜,防止弹齿返带。因此,要求推膜机构工作可靠,与弹齿配合准确,不回带残膜。

2) 组成及结构。

该机构由推板、曲轴和连杆等组成(图 6),推板位于护板间隙之内。拾膜轮上有均布的 4 排拾膜弹齿,运动时,其前上方尖部总是位于护板的里侧,而推板尾部总是在护板的外侧,这种结构可防止推板缠绕返带残膜及避免推板与护板的干涉。

3) 推板与弹齿的配合关系。

弹齿在水平收缩时,由于摩擦力等因素的作用,仍会把膜从护板间隙中带出,每次带出的长度一般为 3~5 cm,经几次返带累计到一定长度,就会形成

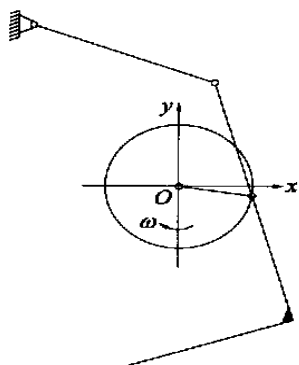


图 6 推板机构简图

Fig. 6 Mechanism for pushing down the plastic film

缠绕。采用推板与弹齿配合工作,就可以防止出现缠绕现象。除在结构上有正确的位置关系外,推板推逐的时刻应当选择最有利于弹齿脱膜的位置。由试验得知,当弹齿开始收缩,其齿尖距护板间隙约 4 cm 时,推板处于开始推逐位置最为适宜,因为这时护板的刮除作用即将结束,弹齿上没有被刮掉的残膜可能被带出来,由于推板的及时推逐,齿上的残膜被强制推掉,送入箱内。推板在推逐时应接触弹齿,且向前推逐的距离大于箱门的宽度;另外回程时要有适宜的上抬高度,避免因压膜妨碍下排齿正常工作。工作时对每排弹齿,推板推逐 1 次,为此,推板曲轴转速与拾膜轮转速之比应为 4:1。推板尖运动轨迹见图 5 中的 K 曲线。

3 试验及结果分析

1) 田间试验条件。于 1999-10-15 在哈尔滨市香坊区幸福乡光明村对试验样机进行了试验。田间试验条件见表 1。

2) 试验结果。经黑龙江省农业机械试验鉴定站对本试验样机进行测试。技术性能检测结果见表 2。

3) 试验结果分析。对影响机具作业效果的主要因素分析如下。

垄形 弹齿拾膜应有适宜的入土深度,一般为 3~5 cm,当垄的高度、宽度和垄距变化较大时,收净率降低。垄形变化主要影响弹齿的入土深度和拾膜宽度,若垄高降低,弹齿没有入土,调节不及时就会出现漏收,收净率明显降低。

地膜质量 地膜厚度在 0.010~0.012 mm 时,地膜抗拉强度大,残膜收净率和生产率均较高,当地膜厚度在 0.007~0.008 mm 时,会降低机具的收净

率。另外地膜破损程度也会影响收净率,破损的地膜容易被弹齿拉断或挑豁而造成漏收。

表 1 田间试验条件

Table 1 Condition of farm test

项 目	测定值
试验面积/ hm^2	0.15
土壤类型	黑钙土
土壤含水率/ %	20
垄高/ mm	80~110
垄距/ mm	650~700
作物种类	豆角地、茄子地
地膜宽度和厚度/ mm	宽 550, 厚 0.008
地膜破损率(质量比)/ %	5
地膜覆土宽度和厚度/ mm	宽 120~200, 厚 < 50
采光面宽度/ mm	400~480
地表植株/ (株 \cdot 垄 $^{-1}$ \cdot m $^{-1}$)	4
地表杂草/ (株 \cdot 垄 $^{-1}$ \cdot m $^{-1}$)	6

表 2 技术性能检测结果

Table 2 Inspect reports of technology performance

项 目	测定值
残膜收净率/ %	91.6
作业速度/ (m \cdot s $^{-1}$)	0.79
纯工作生产率/ (hm 2 \cdot h $^{-1}$)	0.38
班次生产率/ (hm 2 \cdot h $^{-1}$)	0.31
作业生产率/ (hm 2 \cdot h $^{-1}$)	0.35

覆土状态 采用机械化铺膜时,覆土深度和宽度比较均匀,收膜机松土部件容易调节,因而收净率较高。人工铺膜的随意性较大,有时埋土较深,膜边垂直向下,一旦松土部件调节不当就出现漏收。

残茬高度 弹齿工作时向前挑膜,当垄顶残茬较高又很粗壮时,如茄茬,残茬会造成返带部分残膜的现象,所以在清除植株时,应尽量降低茬高。由于残茬的作用而产生的漏收量与弹齿在土壤中划移的长度有关。划移长度越短,其漏收量越小,因此,弹齿拾膜轮结构和工作参数的选择应尽量减小弹齿的划移长度。

土壤性质 土壤的疏松程度、含水率和黏度对作业效果有明显的影响。土壤愈疏松、含水率和黏度愈低,则残膜收净率和生产率就愈高,反之,就愈低。

4 结束语

1) 所设计的弹齿式收膜机工艺原理和工作部件结构合理;采用起膜铲、拾膜轮和推膜板机构相配合完成拾膜工艺过程,其特点是工作性能好,故障少。

2) 机构结构配置合理,拾膜部件在前,膜箱在后,机具重心在前有利于悬挂稳定性。

3) 机具既适用于收 700 mm 的垄作(1 次收 2 行),也适用于收 1 000 mm 的大垄(1 次收 1 行),通用性较好。

4) 田间试验结果表明,机具残膜收净率达 91.6%,纯工作生产率为 $0.38 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$,满足农业生产的要求。

5) 采用机具收膜的地块,应采用起垄和铺膜的机械化配套作业,保证垄距一致,地膜厚度应在 $0.010 \sim 0.012 \text{ mm}$,且以收地表残膜为主。

6) 该机具配套动力 13.2 kW,适用于地块小,

分散的家庭农户和专业户使用。在产业化方面,机具对生产加工条件无特殊要求,具有广阔的推广应用前景。

参 考 文 献

- [1] 侯书林,胡三媛,孔建铭,等.国内残膜回收机研究的现状[J].农业工程学报,2002,18(3):186~190
- [2] 杨树森,沈美容.垄作收膜机的试验研究[J].东北农学院学报,1990(3):255~262
- [3] 侯书林,张惠友,那明君,等.关于残膜回收机械化几个问题的思考[J].农机化研究,1998(1):35~36
- [4] 张东兴.农用残膜的回收问题[J].中国农业大学学报,1998,3(6):103~106
- [5] 张东兴.残膜回收机的设计[J].中国农业大学学报,1999,4(6):41~43
- [6] 那明君,董欣,侯书林,等.残膜回收机主要工作部件的研究[J].农业工程学报,1999,15(2):112~115
- [7] 侯书林,孔建铭,张惠友,等.弹齿式收膜机构运动数学模型[J].农业机械学报,2003,34(2):158~160

科研简讯

农业部 948 项目“新型农产品农药残留快速检测技术的引进”2004 年 1 月通过验收

该项目由我校资源与环境学院李季教授主持,通过引进国外技术并经改进与创新,构建了农药残留快速检测技术研发平台,并自主制备了对硫磷、甲基对硫磷、克百威、甲萘威和 2,4-滴 5 种农药的抗体,开发出了对硫磷、甲基对硫磷和克百威的酶联免疫检测试剂盒以及克百威的检测试纸条,技术均达到国内领先水平。课题组已具备了小规模生产试剂盒和试纸条的能力,并成功地小批量推向了市场。此农药残留酶联免疫检测试剂盒及试纸条在我国食品安全检测和环境监测中具有良好的应用前景。

我校“土壤/植株动态测试优化推荐施肥技术的建立与应用”科研成果达国际先进水平

2004 年 3 月,我校资源与环境学院张福锁教授主持完成的“土壤/植株动态测试优化推荐施肥技术的建立与应用”科研成果通过北京市科委组织的专家函审鉴定,评委一致认为该成果已达国际先进水平。该研究项目针对当前农业生产中存在施肥不合理、肥料利用率下降、作物产量和农产品品质降低以及环境污染等问题,经过近 10 年的研究,提出了养分资源综合管理的理论体系,把来自化肥、有机肥、灌水、土壤和其他环境中的养分视为资源,进行统筹考虑,以提高养分资源的利用效率、减少环境污染。该研究成果对于节肥、增效、提高产量、改善品质和保护环境具有重要理论和实践意义。

(科技处供稿)