

国内残膜回收机研究的现状

侯书林¹, 胡三媛¹, 孔建铭¹, 张惠友², 那明君², 董欣²

(1. 中国农业大学; 2 东北农业大学)

摘要: 简要介绍了残膜对农业生产的危害, 残膜回收机研究的重要性, 研究设计残膜回收机应考虑的一些问题及机械化收膜的工艺。同时, 介绍了目前国内残膜回收机研究的现状, 残膜回收机中的核心部件- 收膜机构的组成、种类及各组成部件的工作特性, 为残膜回收机的研究设计及主要工作部件结构的优化组合提供参考。

关键词: 残膜; 残膜回收机; 收膜工艺; 收膜机构

中图分类号: S223.5

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0320186205

1 我国目前农用薄膜的使用情况

我国从 20 世纪 70 年代开始, 将地膜覆盖种植技术应用于蔬菜、瓜类的生产, 20 世纪 80 年代开始应用于棉花、花生等经济作物, 近年来又推广应用到玉米、小麦的栽培上, 解决冷寒、旱地的增产问题。目前, 在我国的新疆、山东、山西、内蒙古、黑龙江、陕西、甘肃等寒冷、干旱及半干旱地区, 地膜覆盖技术已逐渐推广应用于 40 多种农作物。目前地膜覆盖种植总面积已达 300 万 hm^2 , 其中玉米、棉花种植面积都在 100 万 hm^2 以上^[1]。

地膜覆盖种植技术使有限积温增加, 生育期相对延长, 可以广泛采用中晚熟品种, 使产量大幅度提高。同时, 使各种作物的适作区向北推移, 扩大, 能更有效利用国土资源; 地膜覆盖的保墒效果, 促使作物的根系深扎, 因而也是一项抗旱措施, 对于利用有限水资源, 发展旱地农业有着重要的战略意义。据试验统计^[2], 与露地种植比较, 覆膜种植可使多种农作物早熟 5~10 d, 在北方地温可提高 2~4℃, 膜内土壤水分耗散速度比膜外低 0.9 mm/d , 并可增加耕层土壤水分 1%~4%, 在干旱地区覆盖地膜后全生长期可节约用水 150~220 mm, 农作物一般增产 30%~50%。

2 膜对农业生产的危害^[2~11]

农用塑料薄膜主要有用于温室塑料大棚的聚氯乙烯(PVC)和用于地膜的聚乙烯(PE)等, 都是聚乙烯烃类化合物, 自然条件下极难降解, 在土壤中可存在 200~400 年^[10]。残膜积累在土壤中, 致使农业环

境遭到严重的污染, 破坏了农田的生态环境, 形成了阻隔层, 影响了农作物对水分和养分的吸收, 影响种子发芽、出苗, 造成烂种、烂芽, 使幼苗黄瘦, 甚至死亡, 还影响农机具的田间作业质量, 还会堵塞田间沟渠等。现在, 我国每年地膜使用量为 80~90 万 t, 据农业部门专项调查, 由于地膜的自然风化变质、人为的踩踏及地膜过薄, 强度较弱致使秋后田间产生一定量的碎膜, 这些破碎的残膜很难回收, 每年残存在田野、土壤、沟河中的塑料薄膜至少占供应总量的 10%, 现累积残存量已在百万吨左右。根据调查测算^[10], 连续覆膜 3 a 的棉田, 地表有大小碎片 47.3 块 m^2 , 折算有残膜 52.1 $\text{kg/} \text{hm}^2$, 耕层 30 cm 内有残膜 56.6 块 m^2 , 折算有残膜 57.9 $\text{kg/} \text{hm}^2$, 两者合计有残膜 110 $\text{kg/} \text{hm}^2$ 。

据黑龙江省农垦局环保部门测定^[10], 土壤中残膜含量为 58.5 $\text{kg/} \text{hm}^2$ 时, 可使玉米减产 11%~23%, 小麦减产 9.0%~16.0%, 大豆减产 5.5%~9.0%, 蔬菜减产 14.6%~59.2%; 另据新疆生产建设兵团 130 团测定, 连续覆膜 3~5 年而不回收残膜的土壤, 种小麦减产 2%~3%, 种玉米产量下降 11%~28% 左右, 种棉花产量则下降 10%~23%。连续覆膜年限越长, 地膜残留量越多, 对作物产量的影响就越大。残膜对农业生态的污染后果严重, 如不及早治理, 我们赖以生存的土地将不会再有丰收, 我们的子孙将会面对一场灾难。

3 目前国内机具研究的情况^[1, 2, 8~37]

目前, 残膜回收有人工捡拾和机械回收 2 种方式。手工清除残膜时, 劳动强度大, 费工时且回收率低, 捡拾不净, 长年累月造成残膜的田间积累带来严重的“白色污染”。机械回收残膜, 可以克服人工捡拾的不足, 是残膜回收的有效方法。因此研制各种经济实用的残膜回收机具对于减少土地污染及保持农业

收稿日期: 2002201218

基金项目: 农业部“九五”国家科技攻关项目(962018203202)

作者简介: 侯书林, 教授, 北京市清华东路 17 号 中国农业大学(东区)50 号信箱, 100083

生产的可持续发展具有十分重要的意义。

3.1 残膜特性及收膜工艺

地膜受播种、田间中期管理、收获等作业及自然风化等因素的影响破损较严重且具有如下的特性:

1) 残膜虽然破损严重,但基本上还是连续的,特别是垄侧压入土壤下的地膜较完整;2) 由试验知^[9],秋后残膜经松土后拉起需要 17.84 N 的力,而不松土则需 29.40~35.28 N 的力才能拉起。对于普通地膜(厚度 0.015 mm)需 31.85 N 的力可以拉断。因此,残膜回收时,为防止拉断,在垄侧松土是关键的作业环节;3) 秋后的残膜仍然具有一定的延伸率,普通地膜的延伸率为 30% 左右。拾起的柔性残膜在摩擦及静电吸附作用下,极易缠绕在工作部件和转动部件上。工作时,一旦发生缠绕,会越缠越多,最终导致机具无法正常连续工作,因此,在机械收膜中,卸(脱)膜环节对于保证机械的连续正常工作至关重要;4) 秋后田间残膜上存在大量的枯叶、茎秆与根茬等杂物,收膜时如何避开根茬或及时将根茬和杂物与残膜分离直接关系到后续残膜的再生利用和收膜机集膜箱有效容积的利用。针对残膜的上述特性,结合机械化收膜的特点及目前农业覆膜和残膜的实际情况及工作部件试验的结果,机械收膜的工艺过程应包含有松土、起膜、挑膜、膜杂分离、脱膜和集膜等密切联系工艺环节。

根据研究设计和田间试验,本文认为残膜回收机的设计应考虑如下的问题:

1) 膜与茎秆、叶片、杂草混杂及裹土问题 如果能将地膜与杂草分开,则纯净的地膜可以回收再利用,从而提高经济效益;且减轻机器的负荷,提高集膜箱的有效容积;如无法分离,抛弃,则造成 2 次污染。设计时应考虑膜与杂草的分离。

2) 缠绕问题 无论是卷膜轮卷膜还是挑膜齿挑起送入集膜箱,由于运动部件的作用,膜的粘附及静电的作用,都会引起缠绕。从而影响了机具的连续作业,严重时甚至还会损坏机具。设计时应尽量使其部件表面光滑,同时应在易发生缠绕处放置刮刀和卸膜机构,以便及时刮断缠绕的膜并将收起的残膜卸掉送入集膜箱,这些措施都可以有效地防止残膜的缠绕和返带。

3) 农膜质量及规格对收膜的影响 我国目前的地膜非常薄(0.006~0.008 mm),抗拉强度不高,不利于回收,为防止破损,覆膜时势必要压更多的土,这样就给后期的残膜回收带来困难。国外农膜的厚度一般为 0.01 mm,有利于覆膜及收膜,地膜厚度从 0.008 mm 增加到 0.01 mm 抗拉强度增加 25%。因此,应尽量规范农膜质量与厚度,避免过多

使用超薄膜,给残膜回收带来困难。

4) 应设计残膜回收整地复合作业机,即机具在收膜的同时进行实时整地,这样可以降低作业成本,减少机具的进地次数,大大地提高残膜回收的经济效益,便于残膜回收机的普及和推广。

5) 耕作方式的规范 应尽快统一制定规范,使种、管、收垄距一致,便于拖拉机及作业机具进行作业,提高机具的作业适应性。

6) 收膜机的技术要求 根据田间作业试验和目前国内现有机具的情况,残膜收净率应在 85% 以上为宜。

3.2 国内残膜回收机研究情况

农田残膜机械化回收机具有如下两大类:

3.2.1 苗期残膜回收机

在玉米、棉花等作物中耕作业时揭膜回收。此时,由于地膜使用时间短,破损不严重,有利于收膜,残膜收起后,同时进行中耕作业。代表机型有:新疆研制的 M SM 23 型苗期残膜回收机和东北农业大学研制的 M S22 型玉米苗期收膜机等。两种机具残膜回收率均在 85% 以上^[18],单机生产率在 0.3 hm²/h,伤苗率在 1% 以下,配套动力为 18.38 kW 小四轮拖拉机。

这 2 种机型均是利用轮上带齿的卷膜轮将起膜铲铲起的残膜挑起收集。其收膜工作部件不需动力驱动,结构简单、使用调整方便、工作可靠、伤苗率低、收净率和生产率较高。

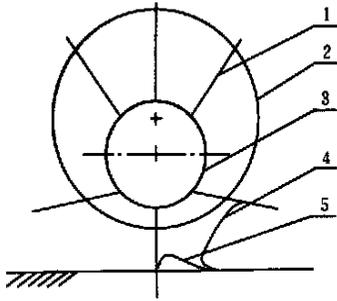
3.2.2 收获后残膜回收机

作物收获后,耕、整地或播种前,将田间的残膜收起,或整地的同时将残膜收起。目前已见于文献的有新疆、甘肃、陕西、山西、内蒙古及中国农业大学和东北农业大学等有关单位研制的收获后残膜回收机。其收膜工艺都是膜边松土,起膜铲将地表残膜挑起,挑膜齿挑起残膜,最后,脱(卸)膜机构将被挑起的残膜卸下并送入集膜部件。其中挑膜、脱膜和集膜部件是影响收膜效果的核心机构。

目前国内收膜机收膜部件的结构形式主要有以下几种:

1) 伸缩杆齿式捡拾滚筒(图 1) 该种收膜机构工作可靠,残膜收净率高,但该机构的结构复杂,造价偏高。如甘肃省农机推广站研制的 1FM J2850 型残膜回收机^[17],残膜收净率 90%,生产率在 0.3 hm²/h,配套动力为 13.2 kW 小四轮拖拉机。由理论计算^[33],滚筒的最低转速不得小于 71.5 r/min,并经试验验证,以 120 r/min 为宜。

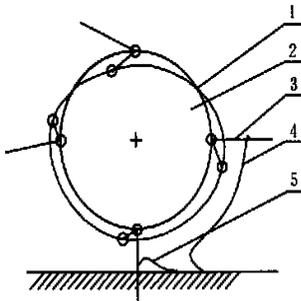
2) 弹齿式拾膜部件(图 2) 由地轮带动收膜弹齿工作,结构简单,残膜收净率高。机构中需要一



1. 伸缩齿 2. 滚筒 3. 偏心滚筒 4. 拾起的残膜 5. 土壤

图1 伸缩杆齿拾拾机构示意图

Fig 1 Sketch map of picking up parts with lengthening & shortening pole



1. 弹齿轮 2. 滑道 3. 弹齿 4. 残膜 5. 土壤

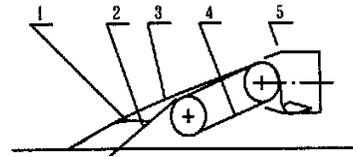
图2 弹齿式拾膜部件示意图

Fig 2 Sketch map of picking up parts with spring finger

个控制收膜弹齿工作位置的曲线轨迹滑道便于脱膜,因而给制造带来一定的困难,同时,该种收膜部件也无法实现残膜与杂草的分离。如东北农业大学研制的QS22型秋后残膜回收机,残膜收净率90%,生产率在0.3 hm²/h,配套动力为13.2 kW 小四轮拖拉机。根据理论计算与试验验证^[9],在考虑残膜拉伸率及地轮下陷和滑移的情况下,挑膜弹齿与行走地轮间的最佳速比应为1.64左右为宜。该速比刚好将挑起的残膜拉紧,不易被推起的土壤压住,且收起的残膜较干净。

3) 铲式起茬收膜部件(图3) 其在起茬的同时将残膜一起铲起经输送带送入鼠笼式旋转滚筒进行土茬分离,结构简单,工作可靠,收净率高,但其对土壤的性能有一定的要求,且收起的残膜与作物的根茬混合在一起,会给残膜的再生利用带来困难。如内蒙古商都牧机厂研制的MC270型地膜回收起茬机^[20],残膜与根茬收净率90%,生产率在0.2~0.3 hm²/h,配套动力为11.03 kW 小四轮拖拉机,起茬起膜深度8~10 cm,机组作业速度3~4 km/h。

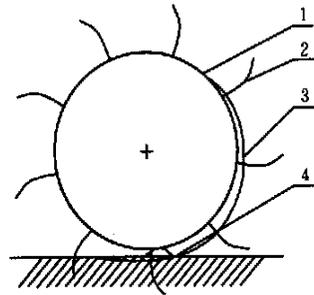
4) 轮齿式收膜部件(图4) 该种收膜机构采用苗期收膜机的收膜部件,靠收膜轮与地面的摩擦力转动收膜,结构简单,收起的残膜比较干净,便于残膜的再生利用,特别适宜收拾玉米、高粱等有硬根茬



1. 土壤 2. 起膜铲 3. 残膜 4. 输送带 5. 滚筒

图3 铲式起膜部件示意图

Fig 3 Sketch map of picking up parts with shovel



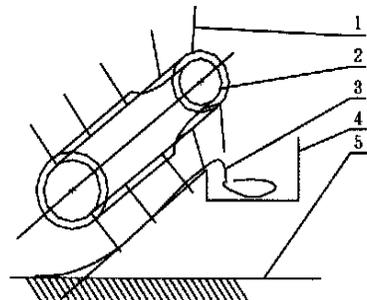
1. 轮 2. 拾膜齿 3. 残膜 4. 土壤

图4 轮齿式收膜部件示意图

Fig 4 Sketch map of picking up parts with idler wheel

地的秋后残膜回收,对于破损不严重的残膜收净率比较高,具有很大的应用前景,对于厚度在0.008 mm 以上的标准地膜,该机构是一种比较理想的残膜回收机构。如东北农业大学研制的小型残膜回收机,采用该收膜部件,在地膜破损不严重的情况下,残膜收净率90%左右,生产率在0.2~0.3 hm²/h,配套动力为11.03 kW 小四轮拖拉机。

5) 齿链式收膜部件(图5) 其结构简单、紧凑,加工制造方便,既可用于苗期收膜,也可用于秋后收膜,该结构的最大特点是由于其整个结构可以向纵向设置,可以前置,有利于整地复式作业^[12]。



1. 齿链弹齿 2. 控制滑道 3. 残膜 4. 膜箱及托膜齿 5. 土壤

图5 齿链弹齿式收膜部件示意图

Fig 5 Sketch map of picking up parts with chain and spring finger

目前国内收膜机的脱(卸)膜部件主要有刮板轮、推膜板、输送带和脱膜杆等。从现有机型的脱(卸)膜效果看,对于采用伸缩杆齿式拾拾滚筒收膜部件的收膜机,应用输送带脱膜比较理想;对于采用

轮齿式收膜部件和齿链式收膜部件的收膜机应用刮板轮和脱膜杆脱膜或采用输送带脱膜比较理想; 对于采用弹齿式拾膜机构的收膜机, 应用推膜板脱膜比较理想。集膜部件主要有集膜箱和卷膜轮。从集膜效果看, 对于破损较轻, 连续性好的残膜应用卷膜轮集膜的效果较好; 反之, 集膜箱较好。

4 结论及展望

1) 研究与试验证明, 残膜回收机的收膜工艺应为边膜松土—入土起膜—拾膜—卸膜—集膜。经过合理的设计和机构配置, 残膜回收率可以达到技术要求。

2) 残膜回收机的研制中, 收膜部件是其关键部件, 该部件的设计应达到的技术要求是应能将地表及垄下 8~ 10 cm 内的残膜连续地拾起, 并能将膜杂分离, 利于残膜的再生利用。

3) 对于连年覆膜种植的农田, 由于每年收膜残留下的破碎膜, 经耕整地多数埋入表层土下 100~ 150 mm 的土壤中, 长此以往, 严重地影响机具作业和植物生长, 对于这种混杂在土壤中的破碎残膜, 目前比较有效的是铲式的收膜部件。

4) 对于杂物(草)较多的地块, 可采用轮齿式收膜部件, 机构配置时可一垄二轮, 为分离杂物二轮可分别向外倾斜一定的角度, 并在二轮间配置一切膜刀, 及时将收起且已拉紧的残膜切开, 以避免影响后续收膜工作。

5) 对于残膜回收机具的研究应向着复合作业考虑, 如苗期应研究设计收膜中耕复合作业机; 秋后应研制收膜整地联合作业机。同时, 工作部件的设计应考虑适应不同作物品种的田间残膜回收, 扩大作业的适应性。

6) 为了便于残膜的机械化回收, 各地推广覆膜种植时, 应规范农艺, 便于机具的配套作业。

7) 为了调动农民回收残膜的积极性, 国家应制定相应的优惠政策, 鼓励建立残膜的再生利用产业。

由于技术及国情的原因, 可降解地膜短时期内还难以在农业中大面积推广, 而今后相当长一段时间内, 农业上仍然使用着大量的塑料地膜, 根据我国目前的科技水平和经济条件, 采用机械化清除残膜是比较现实的, 同时考虑到提高机具的使用效率, 降低作业成本, 减少机具的下地次数, 应大力研制发展耕整地与收膜联合作业的机具。总之, 研制发展残膜回收机既具有明显的经济效益, 又具有巨大的社会效益。

致谢: 本文是在喻谷源教授的热心指导下完成的, 在此表示衷心的感谢!

[参 考 文 献]

- [1] 张东兴 农用残膜的回收问题[J] 中国农业大学学报, 1998, (6): 103~ 106
- [2] 张东兴 残膜回收机的设计[J] 中国农业大学学报, 1999, (6): 41~ 43
- [3] 赵国庆, 崔文法 地膜覆盖的危害及防止办法[J] 农资科技, 2000, (2): 30
- [4] 杨晓涛 农膜污染的防治对策[J] 农业环境与发展, 2000, (1): 28~ 29
- [5] 马西巴依, 石 江, 刘春奎等 治理田间白色污染, 改善农业生态环境[J] 农业机械, 2000, (9): 48~ 49
- [6] 麻世华, 叶东平, 麻成军等 农用塑料薄膜的残留危害及控制措施[J] 现代化农业, 1997, (10): 5~ 6
- [7] 残膜污染调查组 残膜污染土壤的调查[J] 新疆农垦科技, 1990, (4): 3~ 4
- [8] 秦朝民, 王序俭, 周亚立 农用地膜回收的现状与思考[J] 农机与食品机械, 1999, (4): 1~ 2
- [9] 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
- [10] 王 频 残膜污染治理的对策和措施[J] 农业工程学报, 1998, 14(3): 185~ 188
- [11] 张东兴 农用残膜回收问题探讨[J] 农村机械化, 1997, (6): 5~ 6
- [12] 那明君, 董 欣, 杨晓丽等 收膜整地联合作业机主要工作部件研究[J] 农机化研究, 2000, (8): 87~ 89
- [13] 卢博友, 杨 青, 薛少平等 圆弧形弹齿滚筒式残膜捡拾机构设计及捡膜性能分析[J] 农业工程学报, 2000, 16(6): 68~ 71
- [14] 卢博友, 杨 青, 薛少平等 弹齿滚筒式残膜捡拾机构捡膜性能分析[J] 西北农业大学学报, 2000, (5): 50~ 54
- [15] 周良壖 各具特色的残膜回收机[J] 农业机械, 2000, (4):
- [16] 建 中 残膜回收机集锦[J] 山西农机, 2000, (1): 14
- [17] 安世才 1FMJ2850 型废膜捡拾机[J] 农机与食品机械, 1999, (5): 20~ 21
- [18] 刘 晨, 薛文瑾 M SM 23 型苗期残膜回收机[J] 新疆农机化, 1999, (4): 13
- [19] 倪国庆, 谢陈平 4M SM 23 苗期残膜回收机[J] 农机与食品机械, 1999, (1): 27~ 29
- [20] 张 云 MC270 型地膜回收起茬机[J] 农村机械化, 1998, (11): 10
- [21] 秦朝民, 王序俭 三种典型收膜机具简介[J] 新疆农垦科技, 1998, (4): 24~ 25

- [22] 徐良庆 新型杆齿栅筒式残膜捡拾装置[J] 新疆农机化, 1998 (2): 26
- [23] 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
- [24] 李建春 推广小麦地膜覆盖穴播机械化技术[J] 中国农机, 1997, (6): 34~ 35
- [25] 左 智, 林 肃, 张建忠 机械穴播技术的探讨[J] 中国农机化, 1997, (2): 36~ 37
- [26] 贾理江, 吴兆宗 4CM 2150 型齿链式悬挂收膜机试验与改进[J] 新疆农机化, 1997, (5): 17
- [27] 王 频, 徐良庆 残膜回收机械的研究及其应用[J] 新疆农机化, 1997, (3): 31~ 34
- [28] 胡建胜 新疆常用的地膜覆盖机和残膜回收机[J] 新疆农业科技, 1996, (6): 25~ 26
- [29] 徐良庆, 康秀生 M S21 残膜捡拾机[J] 新疆农机化, 1996, (4): 30
- [30] 范旭平, 杜士华 垄作玉米苗期收膜机的研究[J] 农机化研究, 1995, (2): 21~ 22
- [31] 张德云, 梅 健, 黄志东等 地膜回收技术及机具[J] 农牧与食品机械, 1994, (6): 26~ 27
- [32] 徐正太 气吸式残膜回收机的研制与试验[J] 新疆农机化, 1993, (4): 31
- [33] 张木林, 王 玮 M S2800 型塑料残膜回收机的研究[J] 农牧与食品机械, 1992, (2): 7~ 11
- [34] 张木林, 王 玮 滚筒式收膜机工作部件的研究与设计[J] 农业机械学报, 1992, (2): 114~ 116
- [35] 姜 虎, 杨树森 玉米苗期收膜机工作部件的研究[J] 东北农学院学报, 1991, (4): 355~ 362
- [36] 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
- [37] 刘伟峰 地膜残膜回收技术综述[J] 畜牧机械, 1989, (5): 9

Present Situation of Research on Plastic Film Residue Collector in China

Hou Shulin¹, Hu Sanyuan¹, Kong Jianming¹, Zhang Huiyou², Na Mingjun², Dong Xin²

(1. College of Machinery Engineering, China Agricultural University, Beijing 150083, China;

2. Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: This paper briefly introduced ham s of plastic film residue to agricultural production, and importance of studying on the plastic film residue collector, and some issues that must be thought over when design the plastic film residue collector. At the same time, the present situation of plastic film residue collector in China, plastic film residue collecting mechanism, types and working characteristics of all working parts were introduced. All these can offer reference for designing the collector and optimized combination with main working parts.

Key words: plastic film residue; plastic film residue collector; plastic film residue collecting technology; plastic film residue collect mechanism