

# 内蒙古地膜残留污染现状及残膜回收利用对策研究

白云龙<sup>1</sup>, 李晓龙<sup>1</sup>, 张 胜<sup>2</sup>, 包丽华<sup>3</sup>, 刘莉平<sup>1</sup>, 林利龙<sup>1</sup>, 郑海春<sup>1\*</sup>

(1. 内蒙古自治区土壤肥料和节水农业工作站, 内蒙古 呼和浩特 010011; 2. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 内蒙古自治区农业技术推广站, 内蒙古 呼和浩特 010011)

**摘 要:** 内蒙古地区自 20 世纪 70 年代末开始, 地膜覆盖技术得到了大面积的推广, 但同时地膜残留污染约束了农业的可持续发展。据统计 2011 年以后全区地膜覆盖总面积达到 133 万  $\text{hm}^2$  以上, 农用地膜年使用量超过了 4.9 万 t, 并且保持逐年增加的趋势。本次调研结果显示, 目前全区使用的地膜厚度一般在 0.006 ~ 0.008 mm 之间, 回收率仅为 60% 左右, 全区地膜平均残留量为 84  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 回收率较 2010 年第一次全国污染源普查公报数据低 20% 左右, 而地膜残留量较公报数据高 40.5%。地膜残留主要分布在 0 ~ 20 cm 耕层土壤中, 并且近年刚开始实行地膜覆盖的地块年平均地膜残留量增长速度显著高于覆膜年限较长的地块。针对内蒙古地区地膜污染现状, 从地膜的标准化生产、节约使用、高效回收以及未来需要研发的新材料、新技术、新政策等机制体制方面提出相应的防治技术途径, 达到地膜覆盖技术大面积推广和农作物增产的同时实现农业的可持续发展。

**关键词:** 地膜覆盖; 地膜残留污染; 地膜回收

**中图分类号:** X53      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1673-6257 (2015) 06-0139-07

内蒙古地处高纬度、高海拔地区, 无霜期短、有效积温低, 因此“旱”和“寒”是制约内蒙古地区农业生产的重要气候因素, 而地膜覆盖技术有效地打破了这两个因素的限制, 因此该项技术一经推广就在短时间内得到了大面积的应用。自 1983 年以来, 地膜覆盖技术作为自治区的重点农业推广项目, 在 60 多个旗县的粮、油、菜等 20 多种农作物上得到广泛应用, 达到了增产 30% ~ 50%, 增值 40% ~ 60% 的效果, 为自治区粮食生产及丰收发挥了重要作用。同时通过调研发现, 地膜覆盖技术的应用使农作物的栽培区域不断向高海拔、高寒、干旱半干旱地区延伸, 与常规种植相比, 地膜覆盖可使部分喜温作物的栽培北界北移 2 ~ 5 个纬度, 即向北推进约 500 km, 使作物种植海拔向上提升 500 ~ 1 000 m。例如阿荣旗通过地膜覆盖技术和早熟品种的应用将全市玉米种植区域从北纬 45° 扩大到北纬 48° 北移近 200 km。但在覆膜面积及地膜投入量不断增加的同时也带来了一系列的环境问题, 其中地膜残留污染给农业生产和环境造成了严重的不良影响。

收稿日期: 2015-01-31; 最后修订日期: 2015-08-10

作者简介: 白云龙 (1980-), 男, 内蒙古赤峰人, 农业推广硕士, 农艺师, 研究方向为旱作农业、农田节水。E-mail: nmgt-fzjsk@163.com。

通讯作者: 郑海春, E-mail: haichunzheng@126.com。

## 1 材料与方法

通过中国农村统计年鉴调查数据, 获取内蒙古地区地膜投入情况与地膜覆盖面积情况。

2014 年 5 ~ 8 月, 内蒙古土壤肥料工作站与内蒙古农业大学等单位, 对全区 12 个盟市, 66 个粮食生产大县进行了地膜使用情况和回收情况调研, 并选择了位于东部燕山丘陵区赤峰市的松山区、敖汉旗和喀喇沁旗, 中部阴山地区乌兰察布市的凉城县、丰镇市、四子王旗和察右后旗和西部河套灌区巴彦淖尔市的临河区和杭锦后旗等 9 个旗县进行了专题座谈调查和典型地块取样调查。

每个试验点根据田间实测法选择 3 个取样点采集残留地膜, 每取样点 1  $\text{m}^2$  (1 m × 1 m), 分别取 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm 土层, 每处理重复 3 次。将每土层的土块整体取出后过筛。将肉眼可见的残膜碎片全部检出, 用自来水清洗干净后放入烘箱 45℃ 烘至恒重, 用万分之一天平进行称量。

用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 20.0 进行数据统计分析及作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 内蒙古地区地膜使用量和面积的变化

内蒙古地膜使用量和覆膜面积均在不断增加,

统计数据显示 (数据来源于中国农村统计年鉴), 20 世纪 90 年代初全区地膜使用量为 0.57 万 t, 2010 年达到了 4.82 万 t, 增加了 7.5 倍, 同时呈现出继续增加的趋势 (图 1)。地膜覆盖面积也保持持续增长的趋势, 特别是在 2003 年以后, 地膜覆盖面积逐年增长速率 8% 左右。1993 年全区地膜覆盖面积仅为 200 hm<sup>2</sup>, 2002 年发展到 48.7 万 hm<sup>2</sup>, 2010 年达到了 87 万 hm<sup>2</sup>, 一直保持较快速度增长 (图 2)。

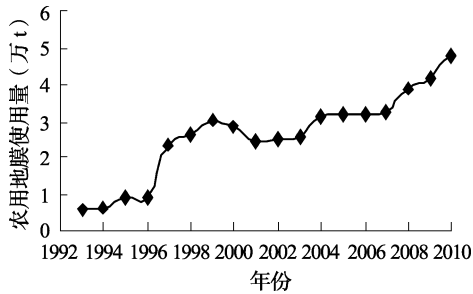


图 1 1992 ~ 2010 年内蒙古地膜使用量增长曲线

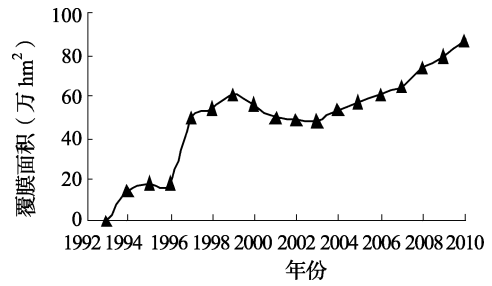


图 2 1992 ~ 2010 年内蒙古覆膜面积增长曲线

## 2.2 内蒙古地区覆膜区域与作物种类的变化

通过对内蒙古地区 2011 ~ 2013 年各地地膜覆盖面积及应用作物的调查发现, 2011 年全区地膜覆盖面积达到了 136 万 hm<sup>2</sup>, 占全区总耕地面积的 1/5。2012、2013 年全区地膜覆盖总面积分别为 170 万、182 万 hm<sup>2</sup>, 分别较上一年增长了 24.5% 和 7.3%。其中以巴彦淖尔市、赤峰市、乌兰察布市和呼和浩特市覆膜面积较大, 2013 年分别达到了 45.6 万、33 万、27 万和 25.8 万 hm<sup>2</sup>, 分别较 2011

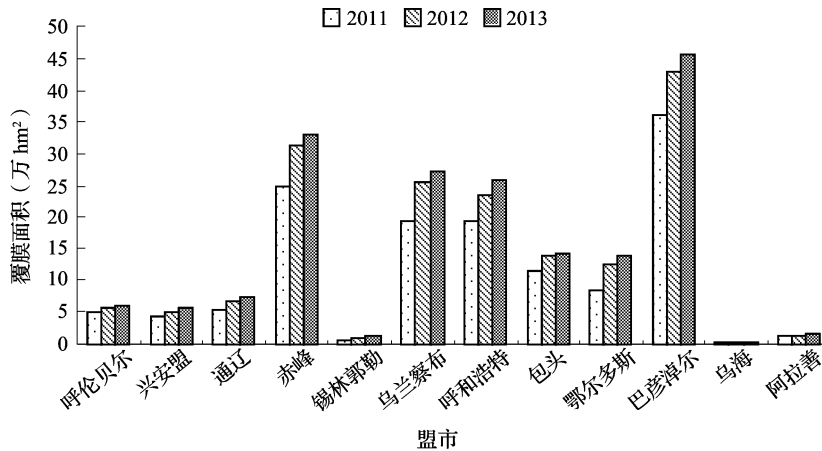


图 3 2011 ~ 2013 年内蒙古地区各盟市地膜覆盖面积

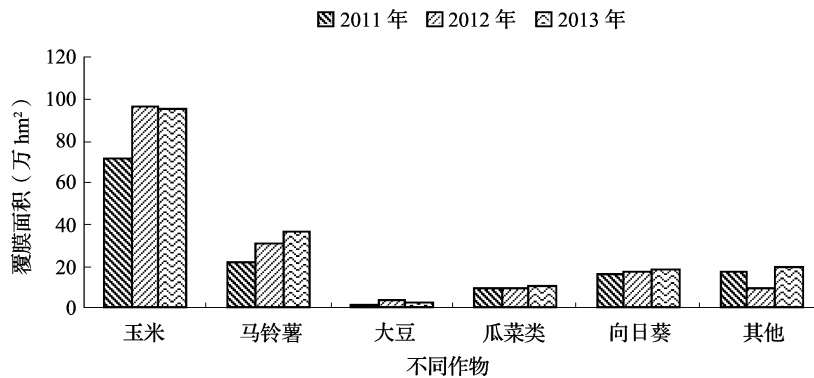


图 4 2011 ~ 2013 年内蒙古地区不同作物地膜覆盖面积

年增长了 26.67%、31.85%、41.11% 和 33.55%。在内蒙古地区主要栽培作物中, 玉米的地膜覆盖面

积最大, 2013 年的地膜覆盖面积达到了 95.2 万 hm<sup>2</sup>, 其次为马铃薯, 2013 年的地膜覆盖面积达到了 36.3

万  $\text{hm}^2$ ，向日葵和瓜菜类依次减少，大豆的覆膜面积最小。

### 2.3 内蒙古地区地膜种类及覆膜方式的发展

随着地膜覆盖技术的不断发展，地膜的种类和覆膜方式向多样化的方向发展。目前全区应用最为广泛的是无色聚乙烯塑料薄膜，同时黑地膜、蓝光地膜、降解地膜等新型地膜近年来都得到了快速发展，据统计，黑地膜由于除草效果明显在经济作物上应用较广，全区约有 2 667  $\text{hm}^2$ ；蓝色膜主要用作棚膜，还有少数蓝光地膜 2014 年也在不断推广，全区约有 15 万  $\text{hm}^2$ ；降解地膜作为一种新型环保地膜近年发展迅速，自治区也对不同种类的降解地膜进行试验研究，但效果仍然不如普通地膜，同时存在地膜韧度不够、降解过快、降解不完全、售价高等问题，因此没有得到大面积推广。

内蒙古地区地膜厚度的变化经历了由厚到薄再逐渐增厚的过程。在 20 世纪 80 年代初期为 0.014 mm。随着技术的不断进步，为了减少成本、获得更大的经济利益和迎合农民的需求，实际生产销售的地膜厚度大多在 0.005 ~ 0.006 mm，甚至更薄，导致地膜强度低，易老化破碎，回收困难<sup>[1]</sup>。一直到 90 年代，国家农用地膜标准 (GB 13735—92) 规定农膜厚度最低为 0.008 mm，较之前地膜厚度有所增加。

随着栽培模式的不断进步，农业机械配套程度不断提高，内蒙古覆膜方式由传统的行上覆膜不断地发展为宽覆膜、全覆膜等多种覆膜方式，在不同的地区均得到了很好的应用。据统计宽覆膜主要在巴彦淖尔市黄河灌区得到了大面积推广，应用面积约为 8 600 万  $\text{hm}^2$ ，全覆膜在旱作区应用面积较广，约为 15 万  $\text{hm}^2$ 。

### 2.4 内蒙古地区地膜残留现状

#### 2.4.1 地膜残留及回收现状

表 1 为 2014 年 9 个旗县 4 种作物地膜残留情况调查结果。可以看出，内蒙古地区普通聚乙烯地膜使用较为普遍，地膜平均回收率仅为 60%，较 2010 年全国平均地膜回收率降低了 20%，并且不同地区差异较大，这主要与当地种植习惯有较大关系。通过对 9 个旗县 4 种作物 84 个点次的调查，部分回收的点次占 71.4%，不回收的点次占 28.6%。不回收的地区普遍为新的地膜覆盖发展区，而多年进行地膜覆盖的地区，农民已认识到残膜的危害性，普遍进行残膜的简单回收工作，但回收量十分有限，目前在内蒙古地区范围内，地膜回

收措施主要依靠收获和春耕时的耕作机械，如犁、耙等工具的捡拾，很少有专门的地膜回收机械，也很少人工捡拾。近年来有些地区直接用旋耕机将地膜打碎翻入土中，并不进行回收的现象比较严重，这是造成内蒙古地区近年来出现地膜残留增长快、残留量大、回收率低的直接原因。

表 1 2014 年内蒙古地区 9 个旗县调查样点地膜回收情况

取样地点	取样点数	作物名称	土壤质地	回收率 (%)	地膜是否可以降解
松山区	6	玉米	壤土	67	否
敖汉旗	6	玉米	壤土	62	否
	3	马铃薯	砂土	65	否
喀喇沁旗	9	玉米	壤土	45	否
凉城县	6	玉米	壤土	62	否
	3	向日葵	砂土	50	否
丰镇市	9	玉米	壤土	64	否
四子王旗	6	玉米	壤土	46	否
	6	马铃薯	砂土	50	否
察右后旗	3	小麦	砂土	60	否
临河区	6	玉米	壤土	66	否
	6	向日葵	壤土	68	否
杭锦后旗	9	玉米	壤土	63	否
	6	向日葵	砂土	68	否
	3	红干椒	壤土	65	否

#### 2.4.2 不同地区地膜残留量比较

由表 2 可见，本次所有旗县取样调查中，地膜残留量平均值为 84  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ，较 2010 年全国地膜平均残留量增高了 40.5%。其中四子王旗地膜残留量最多，达到 101.9  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ，显著高于其他地区，较所有取样点平均值高出了 20.8%，其次为喀喇沁旗 (94.8  $\text{kg}/\text{hm}^2$ )、凉城县 (91.8  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) 和临河区 (87.4  $\text{kg}/\text{hm}^2$ )，松山区地膜残留量最低，为 62.7  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ，显著低于其他地区，与各样点平均值相比降低了 25.6%。杭锦后旗、敖汉旗地膜残留量也较小，分别为 77.3、74.6  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

表 2 内蒙古地区各调查点地膜使用量及残留量

取样地点	覆膜年限 (年)	覆膜方式	地膜使用量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	地区平均残留量 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )
松山区	3	行上覆膜	48	62.7 ± 2.0f
	6	行上覆膜	45	
敖汉旗	25	行上覆膜	45	74.6 ± 1.3e

(续表)

取样地点	覆膜年限(年)	覆膜方式	地膜使用量(kg/hm <sup>2</sup> )	地区平均残留量(kg/hm <sup>2</sup> )
喀喇沁旗	3	全覆膜	81	94.8 ± 2.31b
	4	行上覆膜	48	
	20	行上覆膜	45	
凉城县	5	行上覆膜	45	91.8 ± 6.62bc
	10	行上覆膜	45	
	25	行上覆膜	45	
丰镇市	15	行上覆膜	45	85.7 ± 2.15cd
	20	行上覆膜	45	
四子王旗	10	行上覆膜	54	101.9 ± 2.7a
	20	行上覆膜	54	
察右后旗	20	行上覆膜	48	80.1 ± 1.7de
临河区	30	行上覆膜	45	87.4 ± 1.43bc
杭锦后旗	30	行上覆膜	45	77.3 ± 3e
平均			49	84

### 2.4.3 不同覆膜年限地膜残留量比较

由图5可以看出,本次调查中,内蒙古地区近年来新增覆膜地块的地膜残留量年平均增长量明显高于覆膜时间长的地块,且随着覆膜年限的延长,地膜残留量的年平均增长量呈明显的递减趋势。近3年的残膜年平均增长量是6~15年的1.5倍,是连续覆膜20~30年的5.7倍。

### 2.4.4 不同土层地膜残留量分布

通过对不同覆膜年限进行划分(0~5年、5~10年、10~15年、15~20年、20~25年、25~30年)研究残留地膜在不同土层分布的特征(图6),农田残膜主要以碎片形式分布于不同土层,且随着覆膜年限的延长分布层次逐年下移。0~30 cm土层内,地膜主要残留在0~10 cm土层,占总残留量的59%~62%;其次为10~20 cm土层,占总残留量的30%~34%;20~30 cm土层地膜的残留量较少,不到总残留量的10%。

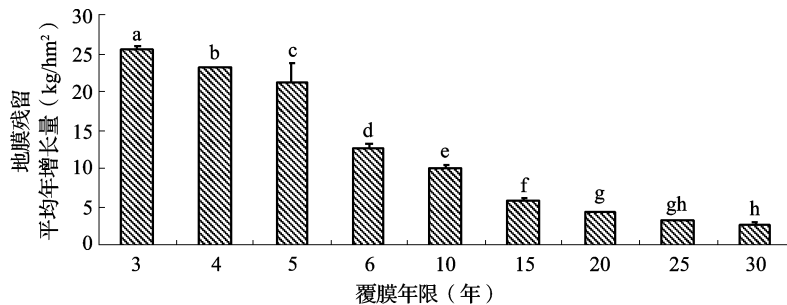


图5 内蒙古地区不同覆膜年限年地膜残留平均增长量变化

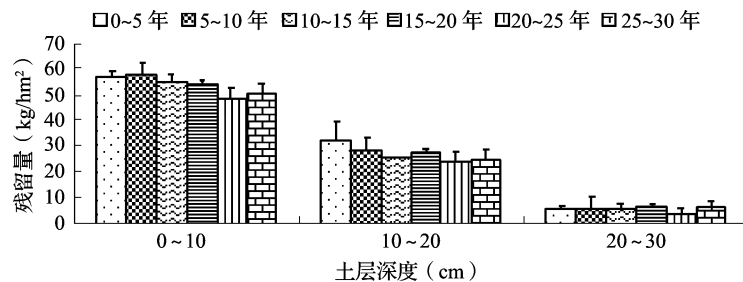


图6 内蒙古地区不同耕作层土壤地膜残留量

## 3 讨论与结论

### 3.1 残留地膜在土壤中分布的特征

据相关研究表明,覆膜农田的地膜残留量与连续覆膜年限呈正相关,地膜残留量随着覆膜年限的增加而不断增长<sup>[2]</sup>,覆盖年限越久,地膜残留量越大,累积效应明显<sup>[3-4]</sup>。本次调研结果显示,近年来开始覆膜的地块地膜残留量增长速度较快,一方

面这是由于近年来机械化耕作程度不断提高,农民的种植模式由原来的精耕细作逐渐转变为机械化生产,人工捡拾残膜作业减少,致使残膜回收率不断降低;另一方面由于近年来农村劳动力老龄化,劳动力成本不断升高,而回收残膜费时费力,农民对地膜回收的积极性不断降低,因此造成了近年来地膜年增长量不断提高的局面。

陈晶等<sup>[5]</sup>对残膜的调查表明,在地表0~10 cm

土层内残膜留存量占残膜总残留量的 71.8%，10~20 cm 土层占 22%，20~30 cm 土层占 6.3%，层次性鲜明<sup>[6-8]</sup>。这与本次调研结果一致，出现这一结果的主要原因是内蒙古地区大部分农区的小面积耕地应用机械动力较小，耕作层普遍较浅，多数地区尚以小动力旋耕作业为主，有效作业深度约 15 cm 左右，致使残膜主要集中在表层土壤中。

### 3.2 地膜残留对土壤理化性状的影响

残留地膜不能在土壤中降解，也不能与土壤胶体结合，因此大量的残留地膜会严重破坏土壤的物理结构<sup>[9]</sup>。研究表明，地膜残留量超过 720 kg/hm<sup>2</sup> 时土壤容重增加 0.01~0.1 kg/cm<sup>3</sup><sup>[10]</sup>，土壤容重不断升高容易造成土壤板结。残留地膜还会阻断土壤毛管降低土壤渗透性能，阻碍重力水移动，减少了土壤含水量，削弱了土壤的蓄水保墒能力<sup>[11]</sup>，平均每年下降 2.76%。当土壤中地膜残留量超过 360 kg/hm<sup>2</sup> 时，土壤水分下渗受到严重阻碍，只相当于对照的 2/3，还会引起土壤次生盐渍化<sup>[12-14]</sup>。同时空气、养分在土壤毛管中的运动也受到阻碍，使土壤通透性变劣，孔隙度下降<sup>[11]</sup>。

残留地膜在改变土壤物理结构的同时也影响土壤中水、肥、气、热等肥力因素的变化与供应情况。研究结果表明，随着地膜残留量的升高，土壤 pH 值呈升高趋势，有机质、碱解氮、有效磷和有效钾含量呈下降趋势<sup>[15]</sup>。土壤通透性变差，还会明显降低土壤中磷酸酶、脲酶等多数酶活性，同时厌氧性微生物急剧增加，好氧性微生物减少，不利于土壤生态环境的良性循环<sup>[16-19]</sup>，而土壤中有机的腐殖化过程、氮素的硝化过程、磷素的分解、缓效性钾到速效钾的转变过程都需要土壤微生物的参与，所以残膜造成土壤有机质、碱解氮、有效磷和速效钾下降，这可能是由于残膜降低微生物含量和活力造成的<sup>[20]</sup>。

### 3.3 地膜残留对作物生长发育的影响

残留地膜主要分布在 0-30 cm 耕层，而大部分作物播种深度不会超过 10 cm，种子播在残膜上或被残膜覆盖会因为吸收不到水分、无法顶破残膜等原因造成无法发芽，形成烂种或烂芽，研究表明，种子播在残膜上烂种率达 8.2%，烂芽率为 5.6%。残留地膜碎片会阻碍作物根系下扎，迫使根系弯曲生长，改变作物原有根系构型，影响根系吸收水分和养分，进而对地上部分生长发育造成不良影响。安琼<sup>[21]</sup>、程桂荪等<sup>[22]</sup>、袁俊霞<sup>[23]</sup> 研究发

现由于残膜造成的根系弯曲在棉田里高达 30%，小麦的分蘖数减少 17%，同时残膜对玉米、茄子、白菜和花生根系的生长具有明显的抑制作用。

残留地膜在改变土壤理化性状，阻碍作物根系生长，影响作物吸收水分养分的同时，必然会造成作物减产。孙志洁<sup>[24]</sup> 研究表明，地膜覆盖可使棉花增产 16%，而连续覆膜达 20 年残膜危害可使棉花减产 12%，两者相抵增产效果只有 4%。同时黑龙江省农垦局的测定资料表明，连续 3~5 年地膜覆盖的土壤，造成小麦减产 2%~3%，玉米减产 10% 左右，棉花产量则下降 10%~23%。当土壤中残膜量达到 58.5 kg/hm<sup>2</sup> 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%。

## 4 残膜污染防治的技术与途径

### 4.1 加强市场监管，规范地膜质量

地膜厚度决定了地膜回收的力度，国际上要求地膜厚度为 0.012 mm，最薄也不能低于 0.008 mm<sup>[25]</sup>，美国和西方国家农膜厚度一般在 0.020 mm，日本为 0.015 mm，这些国家使用较厚的耐候地膜，主要是为了便于回收，防止污染土壤。我国发布的《聚乙烯吹塑农用地面覆盖薄膜》(GB13735~1992) 标准中规定地膜厚度为 0.008 mm 以上。而许多企业为了降低成本，获得更大的经济利润，将地膜的厚度降低。目前我国没有强制性监管措施，有的企业为了降低生产成本，普遍生产低于标准的地膜，但标签用的则是标准规格地膜，以此混淆市场。政府应出台相应的地膜生产法律法规，对地膜的厚度、韧性、使用年限等指标统一规定，严格限制生产厚度为 0.008 mm 以下的超薄膜，对违规生产企业或未达质量标准的企业进行处罚，保证市场销售地膜的质量标准。

### 4.2 健全回收机制，加大财政补贴

目前，政府还没有出台相关残膜回收的财税政策和法规，农民捡拾残膜费工、费时、费力，不愿意人工捡拾，使地膜残留污染逐年加重。即使农民自发捡拾回收的部分残膜，因缺少相关企业的回收利用，农民没有更好的处理途径，只能是就地填埋、集中焚烧或随处堆弃。首先，政府及职能部门应制定政策措施对农民使用 0.01 mm 以上厚度农用地膜进行差额补助，使农民使用 0.01 mm 厚度以上地膜的成本相当或低于使用超薄地膜的成本，逐步

引导农民采用厚度0.01 mm 以上的厚地膜,降低废旧地膜回收难度。其次要扶持残膜回收企业加工利用残膜,回收的废旧地膜经过清洗、热熔造粒可加工成排水管、井盖、垃圾桶或滴灌带等塑料制品或农用生产资料。因此,通过“残膜收集+公司收购+企业加工生产+农民利用”的模式回收利用残膜是未来减少地膜残留污染的必然途径。政府部门应该制定相关优惠政策,通过减免税收、财政补贴等激励政策措施,扶持残膜回收加工企业,促进废旧残膜的回收利用,使废膜变成新的加工原料。最后要完善回收机制,对于地膜回收企业及其他回收残膜的组织和个人给与适当经济补助;或者与供膜企业签订协议,把残膜回收作为购膜条件,由供膜企业以合理价格回收残膜或按一定比例以旧膜换购新膜等。

#### 4.3 加强技术研发,提高地膜回收率

加强残膜回收机具研制。国内残膜回收机具按照农艺要求和残膜回收时间可分为:苗期揭膜机械、秋后回收机械、耕层内清捡机械和播前回收机械等<sup>[26]</sup>,或利用常规耕作机具改装附加回收残膜装置等类型。在内蒙古地区目前尚未引入专业的残膜回收机具,残膜回收大多依靠犁、耙等耕作工具或人工捡拾。

研发、完善降解地膜的生产应用。降解地膜主要分为光降解膜、生物降解膜和光-生物降解膜3种。目前,这3种类型的降解地膜在内蒙古地区都已开始推广应用,但实际生产过程中还存在诸多问题需要进一步的研究完善与改进。问题主要表现为,前期降解过快后期降解较慢,增温保墒效果不明显;部分品种降解地膜翻入土壤中无法降解完全;市场售价高于普通地膜。

研发改进残膜回收加工工艺。目前,内蒙古地区残留地膜回收加工的工艺技术尚不成熟和完善,再利用的产品种类少,大多数回收机构都是小作坊式的加工厂,在对残膜进行加工再利用的过程中,容易造成大气和地下水的二次污染。因此,加大对残膜回收再利用工艺和技术的研发力度势在必行。

改变传统种植习惯。农业技术研发部门要积极研究、探索“适时揭膜技术”,改变传统地膜覆盖的方式,在作物生长中期当气温、降雨等条件能够满足作物生长需要的时候进行揭膜培土,这样不仅能够大大提高地膜回收率也能促进作物根系下扎促

进作物生长。同时适时揭膜技术也需要配套机具,只有实现机械化操作才能快速大面积的推广。

#### 参考文献:

- [1] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞. 我国地膜应用污染现状及其防治途径研究 [J]. 农业环境科学学报, 2009, 28 (3): 533-538.
- [2] 范秀莲. “白色污染”对农业的危害及防治措施 [J]. 衡水师专学报, 1999, 1 (4): 47-49.
- [3] 梁志宏, 王勇. 我国农田地膜残留危害及防治研究综述 [J]. 中国棉花, 2012, 39 (1): 3-8.
- [4] 杨彦明, 傅建伟, 庞彰, 等. 内蒙古农田地膜残留现状分析 [J]. 内蒙古农业科技, 2010, (1): 10-12.
- [5] 陈晶, 黄帮升, 纪彦芳, 等. 残留地膜对农业环境影响的研究初报 [J]. 农业环境保护, 1989, 8 (2): 16-19.
- [6] 马辉, 梅旭荣, 严昌荣, 等. 华北典型农区棉田土壤中地膜残留特点研究 [J]. 农业环境科学学报, 2008, 27 (2): 570-573.
- [7] 李平娟. 浅论地膜污染与防治对策 [J]. 江苏环境科学, 2004, 17 (增刊): 35-36.
- [8] 徐刚, 杜晓明, 曹云者, 等. 典型地区农用地膜残留水平及其形态特征研究 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24 (1): 79-83.
- [9] 支金虎, 郑德明, 朱友娟. 残膜污染对棉花生产的影响及其治理 [J]. 塔里木大学学报, 2007, 9 (3): 66-70.
- [10] 毛树春. 育苗移栽新技术示范在新疆接替地膜覆盖的新途径治理残膜污染的新曙光 [J]. 中国棉花, 2007, 34 (8): 35-36.
- [11] 谷士林, 赵煜, 王爱梅, 等. 白色污染对车排子垦区棉田的危害 [J]. 中国棉花, 2004, (4): 43.
- [12] 吾甫尔江·托乎提, 艾海提·牙生, 巴雅尔. 论地膜污染与防治对策 [J]. 新疆环境保护, 2000, 22 (3): 176-178.
- [13] 吕英敏, 房培渊. 棉田覆盖麦秸技术及其作用 [J]. 河南农业科学, 2001, (7): 41.
- [14] 杨素梅, 董学礼, 陈福, 等. 宁夏农田农膜污染现状及防治对策研究 [J]. 宁夏农林科技, 1999, (6): 43-46.
- [15] 董合干, 刘彤, 李勇冠, 等. 新疆棉田地膜残留对棉花产量及土壤理化性质的影响 [J]. 农业工程学报, 2013, 29 (8): 91-99.
- [16] Dick R P. Microbial biomass and soil enzyme activities in compacted and rehabilitated skid trail soil [J]. Soil Science Society of America Journal, 1988, 52: 512-516.
- [17] 严健汉, 詹重慈. 环境土壤学 [M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 1985.
- [18] 矫丽娜, 李志洪, 殷程程, 等. 秸秆还田深度对黑土腐殖质和酶活性的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2015, (2): 17-21.
- [19] 余东山. 试论土壤物理在土壤肥力研究中的重要性 [J]. 生态科学, 1997, 16 (1): 117-121.
- [20] 刘建国, 李彦斌, 张伟, 等. 绿洲棉田长期连作下残膜分布及对棉花生长的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2010,

- 29 (2): 246 - 250.
- [21] 安琼. 塑料对农田生态系统的污染及防治 [J]. 农村生态环境, 1996, 12 (2): 44 - 47.
- [22] 程桂荪, 刘小秧, 刘渊君, 等. 农田地膜残片允许值的研究 [J]. 土壤肥料, 1991, (5): 27 - 30.
- [23] 袁俊霞. 农用残膜的污染与防治 [J]. 农业环境与发展, 2003, 1: 31 - 32.
- [24] 孙志洁. 棉田残膜污染调查及其危害 [J]. 河南农业科学, 2006, (4): 61 - 62.
- [25] 王晓方, 申茂向. 塑料农膜 - 中国农业发展的希望和曙光 [M]. 北京: 中华人民共和国科学技术部农村科技司, 1998.
- [26] 侯书林, 胡三媛, 孔建铭. 国内残膜回收机研究的现状 [J]. 农业工程学报, 2002, 18 (3): 186 - 190.

**Study on the current situation of plastic film residue pollution and the countermeasures for the recovery and utilization of residual film in Inner Mongolia**

BAI Yun-long<sup>1</sup>, LI Xiao-long<sup>1</sup>, ZHANG Sheng<sup>2</sup>, BAO Li-hua<sup>3</sup>, LIU Li-ping<sup>1</sup>, LIN Li-long<sup>1</sup>, ZHENG Hai-chun<sup>1\*</sup> (1. Inner Mongolia Soil Fertilizer and Water-saving Agriculture Work Station, Hohht Inner Mongolia 010011; 2. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohht Inner Mongolia 010019; 3. Inner Mongolia Agricultural Technology Extension Station, Hohht Inner Mongolia 010011)

**Abstract:** The technology of film mulching was popularized in the late 1970s in Inner Mongolia autonomous region. But the plastic film residue pollution has become one of the main restraint factors for agriculture sustainable development. According to the statistics, the area of plastic film mulching reached more than 1.33 million hm<sup>2</sup> and the amount of agricultural mulch used was more than 49 000 t and kept increasing trend year by year after 2011. This study showed that the film thickness in use for the whole region was generally between 0.006 mm to 0.008 mm. However, the recovery rate was only about 60% and the average amount of residue of the film in the whole region was 84 kg/hm<sup>2</sup>. The recovery ratio was 20% lower than the data which was published in the first national pollution census bulletin in 2010 and the membrane residues was 40.5% higher than the data in bulletin. Membrane residues were mainly distributed in the 0 ~ 20 cm top layer of soil. The average growth rate of membrane residues in the plots which was new with mulching film in recent years was significantly higher than the plots that covering film in a longer period. According to current situation of plastic film pollution in the region, the corresponding prevention and control technology, and the specific mechanism including the standardization of plastic film production, economical use, efficient recycling and the new materials, new technology, new policies should be put forward in the future to implement the widespread promotion of membrane technology, increase the crop yields and realizing agricultural sustainable development.

**Key words:** plastic mulch; plastic film residue pollution; plastic recycling