



# 农业资源与环境学报

中文核心期刊  
中国科技核心期刊

## JOURNAL OF AGRICULTURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT

欢迎投稿 <http://www.aed.org.cn>

### 高强度地膜应用对棉花生产及地膜回收的影响

戚瑞敏, 刘勤, 王旭峰, 严昌荣

引用本文:

戚瑞敏, 刘勤, 王旭峰, 严昌荣. 高强度地膜应用对棉花生产及地膜回收的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 923-930.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2021.0506>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 基于降解地膜覆盖的新疆棉花生长发育及效益分析

窦巧巧, 汤秋香, 吴凤全, 林涛, 何文清, 严昌荣, 杨再磊

农业资源与环境学报. 2019, 36(5): 649-655 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0327>

#### 新疆加工番茄应用PBAT全生物降解地膜可行性

苏海英, 宝哲, 刘勤, 董道瑞, 严昌荣, 雷海, 薛颖昊, 徐志宇

农业资源与环境学报. 2020, 37(4): 615-622 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0140>

#### 生物降解地膜降解性能对南疆棉田籽棉产量形成的影响

夏文, 林涛, 邓方宁, 何文清, 汤秋香

农业资源与环境学报. 2020, 37(6): 951-959 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0470>

#### 青岛市农田土壤残膜污染现状及其治理对策

李妍超, 李海萍, 王永显, 孙亚萍, 王凯荣, 杨青贤

农业资源与环境学报. 2017, 34(3): 226-233 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2016.0310>

#### 地膜厚度对马铃薯生长及农田水热条件和残膜污染的影响

高宇, 王金莲, 赵沛义, 贾有余, 任永峰, 刁生鹏, 李焕春, 聂晶, 狄彩霞

农业资源与环境学报. 2018, 35(5): 439-446 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0311>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

戚瑞敏, 刘勤, 王旭峰, 等. 高强度地膜应用对棉花生产及地膜回收的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(5): 923-930.  
QI R M, LIU Q, WANG X F, et al. Effects of high-strength plastic mulch film application on cotton production and residual plastic film recovery[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2022, 39(5): 923-930.



开放科学 OSID

## 高强度地膜应用对棉花生产及地膜回收的影响

戚瑞敏<sup>1</sup>, 刘勤<sup>1</sup>, 王旭峰<sup>2</sup>, 严昌荣<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/农业农村部农膜污染防治重点实验室, 北京 100081; 2. 塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆 阿拉尔市 843300)

**摘要:**为探讨高强度地膜对棉花生产和地膜回收的影响,于2020年在新疆维吾尔自治区阿拉尔市棉花地对4种不同配方的高强度PE地膜和1种传统PE地膜进行实地测试,统计分析不同地膜覆盖棉花的种植及生产性状,并对使用后的残留地膜进行回收。结果表明:高强度地膜能够明显提高棉田0~5 cm土层的土壤温度,且其透湿量为20.7~35.7 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>,显著低于传统PE地膜,具有良好的增温保墒功能。高强度地膜覆盖显著增加了棉花出苗率和真叶长出率( $P<0.05$ ),较传统PE地膜更利于棉花的生长和产量的提高,增产率为3.1%~4.7%。除此之外,高强度地膜在使用前后拉伸负荷和断裂标称应变指数整体上都高于传统PE地膜,更有利于地膜的回收,一次性机械加人工回收率高于83%,具有较高的经济效益。研究表明:高强度地膜在新疆棉田具有较好的增温保墒作用,较传统地膜更利于棉花的生长和发育,且回收效率和回收后的残膜再利用率均较高,具有很好的综合效益,但高强度地膜在更广泛区域和作物上的应用仍需进一步评估和确认。

**关键词:**高强度地膜;棉花;残膜回收;地膜覆盖

中图分类号:S562

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2022)05-0923-08

doi: 10.13254/j.jare.2021.0506

### Effects of high-strength plastic mulch film application on cotton production and residual plastic film recovery

QI Ruimin<sup>1</sup>, LIU Qin<sup>1</sup>, WANG Xufeng<sup>2</sup>, YAN Changrong<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Prevention and Control of Residual Pollution in Agricultural Film, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; 2. College of mechanical and electrical engineering, Tarim University, Alar 843300, China)

**Abstract:** To assess the effects of high-strength plastic mulch film application on cotton production and residual film recovery, field tests were conducted using four different types of high-strength mulch films, and one type of traditional PE mulch film in the cotton fields of Alar City, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China in 2020. The planting and production characteristics of cotton treated with different plastic films mulching were analyzed during the growing period of the crop, and the residual plastic film was recycled thereafter. The results revealed that high-strength mulch film significantly increased the soil temperature in 0~5 cm soil layer of cotton field. Moreover, their water vapor transmission rate was around 20.7~35.7 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>, which was significantly lower than that of the traditional PE mulch film ( $P<0.05$ ), and it reduced the soil moisture loss and exhibited a better function through increasing the soil temperature and preserving the soil moisture. Compared with the traditional PE film mulching, the high-strength mulch films significantly increased the rate of seedling emergence and leaf growth ( $P<0.05$ ), and were more beneficial for the growth and yield of cotton, thereby, leading to an increase in the yield rate by 3.1%~4.7%. In addition, high-strength mulch film exhibited higher recovery rate and economic benefit than the traditional PE mulch film, as their mechanical and artificial recovery rate were higher than 83%. High-strength mulch film with higher mechanical

收稿日期:2021-08-10 录用日期:2021-10-15

作者简介:戚瑞敏(1990—),女,河南项城人,博士研究生,从事地膜降解及土壤微塑料污染研究。E-mail:qiruimin529@163.com

\*通信作者:严昌荣 E-mail:yanchangrong@caas.cn

基金项目:中国农业科学院科技创新工程项目(2018—2020);新疆生产建设兵团特聘专家团队项目(2020—2024)

Project supported: Science and Technology Innovation Project of CAAS(2018—2020); Special Expert Team Project of Xinjiang Production and Construction Corps(2020—2024)

properties and recovery efficiency is more conducive to the growth and development of cotton than the traditional PE mulch film, as it exerts a higher comprehensive benefit. However, it is still necessary to evaluate and validate the application of high-strength mulch films to a wide range of areas and crops.

**Keywords:** high-strength mulch film; cotton; plastic recycling; plastic film mulching

地膜覆盖是一项人工干预农作物生长环境的栽培技术,具有明显的增温保墒、抑制杂草的作用,能够显著提高农田养分和水分利用率,实现作物增产增效<sup>[1-3]</sup>。我国是全球地膜使用量最大的国家,近年来,地膜年投入量保持在 $1.4 \times 10^6 \sim 1.5 \times 10^6$  t(全球地膜年投入量约为 $2.0 \times 10^6$  t)<sup>[2,4]</sup>。地膜应用的作物种类广泛,如玉米、马铃薯、水稻、棉花、加工番茄、烟草等,地膜覆盖可使作物单产增加30%,水分利用效率提高30%,对保障我国粮食安全、促进农民增收具有不可替代的作用<sup>[1]</sup>。然而,长时间、大规模的超薄低强度地膜应用已经引起残留污染问题,由于地膜本身强度低、耐老化能力差,作物收获后地膜破碎严重,导致可回收性差<sup>[5-6]</sup>。因此,改进地膜质量、提高其可回收性是地膜残留污染防控的一种重要措施<sup>[2,7]</sup>。为探明高强度地膜在应用前后的功能特点及其对棉花生长发育的影响,本研究对4种不同配方的高强度PE地膜、1种传统PE地膜进行实地测试,揭示高强度地膜的回收率及应用效益,进而明确在新疆棉花种植条件下,能够进行机械回收、人工回收的地膜强度阈值,以促进高强度地膜的普及应用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点和作物

试验地点位于新疆维吾尔自治区阿拉尔市新疆生产建设兵团第一师10团8连20号地(80°29'E,40°55'N)。该地区属暖温带极端大陆性干旱荒漠气候,最高气温35℃,极端最低气温-28℃,年均太阳辐射

133.7~146.3 kcal·cm<sup>-2</sup>,年均日照2 556.3~2 991.8 h。该区域年降水量40.1~82.5 mm,年蒸发量1 876.6~2 558.9 mm,属于典型绿洲农业区。试验棉花品种为硕杂2号,属转抗虫基因中熟杂交品种。

### 1.2 试验地膜产品

试验地膜产品为广东星联科技有限公司研发的4种不同配方的高强度地膜(高强1号,GQ1;高强2号,GQ2;高强3号,GQ3;高强4号,GQ4)和1种由新疆库尔勒地膜厂生产的传统PE地膜(PE),不同高强度地膜的纵向/横向拉伸负荷均显著高于传统PE地膜。

### 1.3 试验设计和田间管理

在新疆阿拉尔市采用单因素随机区组设计,设置5种地膜覆盖模式下棉花种植试验,每处理设3次重复,其中高强度地膜处理小区种植面积为5.5 hm<sup>2</sup>,传统地膜处理小区种植面积为2 hm<sup>2</sup>。2020年4月2日进行覆膜播种,采用660 mm+100 mm+660 mm种植模式(图1),利用铺膜播种机(型号:金准2BMK-9/1,新疆阿拉尔金准机械制造有限公司)进行穴播式播种,播种过程中覆膜、铺设滴灌带、播种一体化作业。

在播种前进行整地并施底肥,底肥施用量为1 050 kg·hm<sup>-2</sup>(复合肥N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O为13-17-10)。整个生育期采取膜下滴灌方式给水,棉花全生育期浇水10次,每次灌水量为375 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>,且随水施肥,所施肥料中氮肥为尿素,磷肥为磷酸二铵,钾肥为硫酸钾,具体施肥量见表1。

根据每年作物的发病情况喷施一定量的农药。2020年6月中旬为灭蚜虫喷施冬青油5次,6月下旬

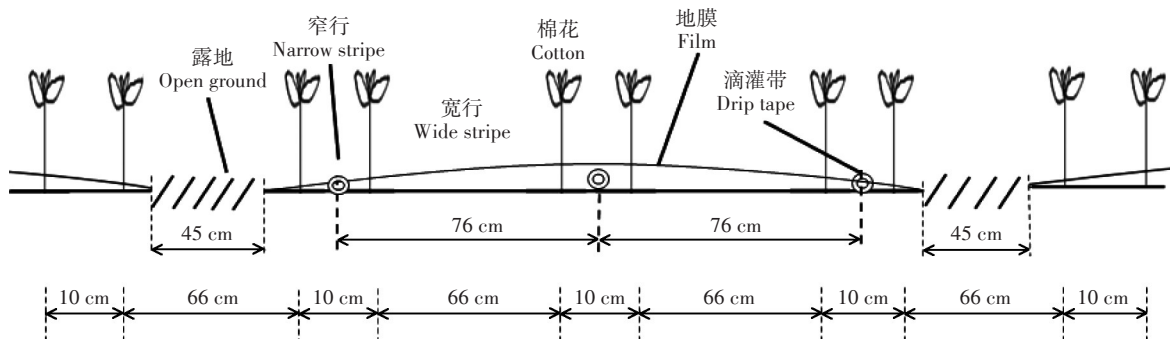


图1 新疆阿拉尔高强度地膜覆盖棉花种植模式

Figure 1 Planting mode of cotton covered with high-strength plastic film in Alar, Xinjiang

表1 每次灌水随水施肥量(kg)  
Table 1 The amount of fertilizer application with each irrigation(kg)

浇水次数 Watering frequency	尿素 Urea	磷酸二铵 Phosham	硫酸钾 Potassium sulphate
1	75	0	0
2	75	0	0
3	75	30	15
4	45	75	45
5	45	180	45
6	45	180	45
7	45	180	45
8	60	30	45
9	45	0	45
10	0	0	0
总计 Total	510	675	285

为灭红蜘蛛用阿维菌素3次。为便于机采,每公顷地喷施一次脱吐隆300 g+乙烯利1 050 g。

#### 1.4 观测指标及方法

##### (1)地膜物理机械性能

根据《聚乙烯吹塑农用地面覆盖薄膜》(GB 13735—2017)<sup>[8]</sup>测试5种地膜使用前(初始值和棉花收获后)的厚度和物理性能(拉伸负荷、断裂标称应变指数和直角撕裂负荷)。每次取样1延长米(即一幅宽度,2.05 m),标注清楚后装袋带回实验室处理。

##### (2)地膜覆盖增温性

根据《地面气象观测规范 地温》(GB/T 35233—2017)<sup>[9]</sup>,采用温度自动记录探头装置(精度0.2 ℃)测定覆膜前后土壤温度,水平方向每隔2.4 m设1个温度传感器,垂直方向探头埋设深度为5 cm,温度传感器每1 h记录1次数据,然后计算土壤日平均温度。

##### (3)保墒性能

采用水蒸气透过率法(仪器型号为PERME W3/060)测试地膜保墒性能,测试精度为0.01 g·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>,每个样品3次重复,每个重复6次循环,其稳定值即为该地膜的透湿量。

##### (4)棉花生长情况与产量

出苗率:在播种后14 d和30 d调查每幅宽度上(即6行)连续20苗穴的出苗情况,重复3次,计算出苗率和真叶长出率。出苗的判断标准是子叶平展,即记为出苗,否则为尚未出苗。

不同时期棉花生长发育情况:棉花播种后45 d,分别在5类地膜覆盖处理的小区选择生长正常的5株棉花进行调查,测定棉株高度和叶片数,并选择3株

棉花全株挖出,测定其根系情况;在播种90 d后,观测棉株高度、开花数、花蕾数和果枝数。

收获时棉花主要性状与产量:按常规方法测定棉花收获时的主要性状,包括株高、果枝数、单株棉铃数、单铃质量。同时,在每种地膜的覆盖区随机选择5个区块(面积为6.67 m<sup>2</sup>)测定产量。

##### (5)机械化地膜回收率

采用石河子大学和常州汉森机械联合研制的4JMLE-210农田地膜回收作业机开展地膜回收试验。地膜回收作业机技术参数为配套动力≥66 kW、作业幅宽2.10 m、作业效率≥53 360 m<sup>2</sup>·d<sup>-1</sup>。

##### (6)综合经济效益

通过实地调查获得南疆农民种植棉花期间的各种费用,主要包括农资和人工投入、租地和整地费用、地膜回收处理费用、棉花收入等,综合分析计算棉花种植效益。

#### 1.5 数据分析

数据采用Excel 2016及IBM SPSS Statistics 25软件进行统计分析,Duncan法检验差异显著性( $P < 0.05$ ),用Origin 2021分析和制图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 高强度地膜的特点及其对环境的影响

#### 2.1.1 高强度地膜物理机械性能变化

地膜物理机械性能测定结果(表2)显示,在同样厚度条件下,高强度地膜的初始物理机械性能远高于国家标准<sup>[8]</sup>,且高强度地膜在使用前后的机械性能整体上均高于传统PE地膜。除GQ4的初始纵向断裂标称应变指数(312%)低于PE地膜外,其他高强度地膜初始纵向拉伸负荷和断裂标称应变指数较PE地膜分别提高了281.2%~337.5%和28~58个百分点,横向拉伸负荷和断裂标称应变指数较PE地膜分别提高了144.4%~183.3%和3~102个百分点。使用180 d后4种高强度地膜的纵向和横向拉伸负荷范围分别为2.2~3.9 N和1.5~2.7 N,均高于传统PE地膜(纵向1.5 N,横向1.3 N),在棉花完全成熟后,高强度地膜膜面仍然保持十分完整,基本没有破裂,人工拉扯也有较好的拉伸性,这对残留地膜的回收十分重要。地膜拉伸性能对地膜回收具有较大的影响<sup>[10-11]</sup>,高强度地膜具有较强的拉伸强度,更有利于地膜的回收。

#### 2.1.2 不同地膜覆盖棉田土壤温度变化

不同地膜覆盖棉田土壤温度监测结果(图2)显示,与裸地相比,无论是覆盖高强度地膜还是传统PE

表2 高强度地膜使用前物理性能变化

Table 2 Changes in physical properties of high-strength plastic mulch films before or after used in the cotton field

项目 Item	地膜种类 Type of mulch film	厚度 Thickness/ μm	纵向 Vertical		横向 Horizontal		直角撕裂负荷 Right angle tearing load/N
			拉伸负荷 Tensile load/N	断裂标称应变指数 Nominal tensile strain at break/%	拉伸负荷 Tensile load/N	断裂标称应变指数 Nominal tensile strain at break/%	
初始值	PE	9.1	1.6	331	1.8	520	1.1
	GQ1	8.6	6.9	364	4.9	596	1.3
	GQ2	11.3	7.0	389	5.1	622	1.3
	GQ3	11.1	6.8	359	4.8	576	1.3
	GQ4	8.6	6.1	312	4.4	523	1.1
180 d 后	PE	8.4	1.5	312	1.3	295	1.1
	GQ1	8.6	2.8	219	2.2	580	1.5
	GQ2	10.8	3.9	327	1.9	430	1.1
	GQ3	11.5	2.2	215	2.7	271	1.2
	GQ4	8.4	2.2	235	1.5	293	1.1
国标(初始值)		10.0	1.6	260	1.6	260	0.8

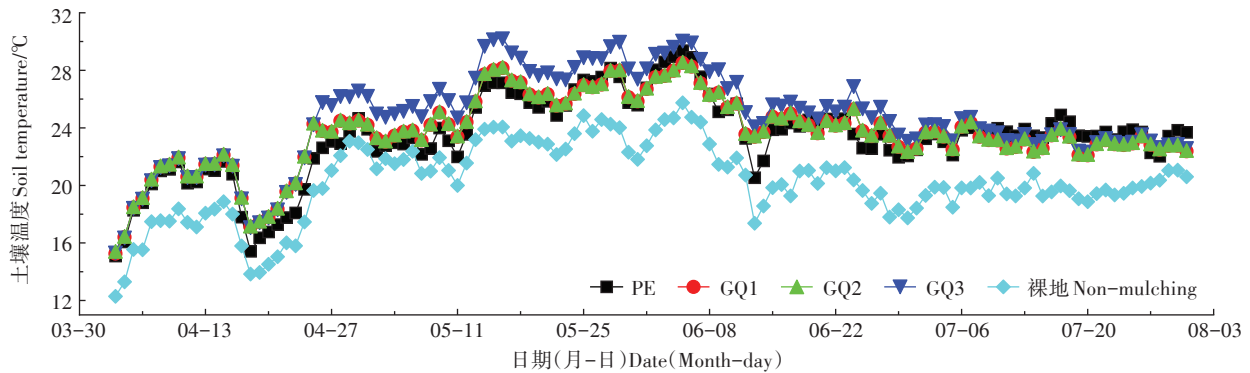


图2 不同地膜覆盖棉田0~5 cm 土层土壤温度变化

Figure 2 Soil temperature of cotton fields(5 cm soil layer) with different plastic films mulching

地膜均明显提高了棉田0~5 cm 土层的土壤温度。棉花播种30 d后,3种高强度地膜(GQ1、GQ2和GQ3)覆盖棉田土壤温度分别为23.3、23.3 °C和25.0 °C,平均较传统PE地膜(22.4 °C)高1.5 °C,较裸地(21.2 °C)高2.7°C。由图3可知,30 d内PE和GQ1、GQ2和GQ3覆盖棉田土壤平均温度差异不显著( $P>0.05$ ),分别为20.1、20.9、20.9 °C和21.3 °C,但均显著高于裸地(17.7 °C,  $P<0.05$ ),高强度地膜能够满足作物生长前期所需增温条件。从播种开始到6月中旬,高强度地膜的增温效果始终好于传统PE地膜,平均较传统PE地膜高1.0 °C,较裸地高3.7 °C;6月中旬以后差异不明显。事实上6月中旬后大气温度大幅升高,温度已不再是限制棉花生长的主要因素,地膜的增温功能也基本结束,其作用从增温逐渐转变为保持土壤水分和控制杂草<sup>[12]</sup>。

2.1.3 不同种类高强度地膜的保墒性能

透湿量测定结果(图4)显示,4种高强度地膜的

透湿量均显著低于传统PE地膜( $P<0.05$ ),透湿量大小顺序表现为PE>GQ4>GQ1>GQ2>GQ3。保水性能最好的地膜是GQ3,透湿量为 $20.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ;GQ1和

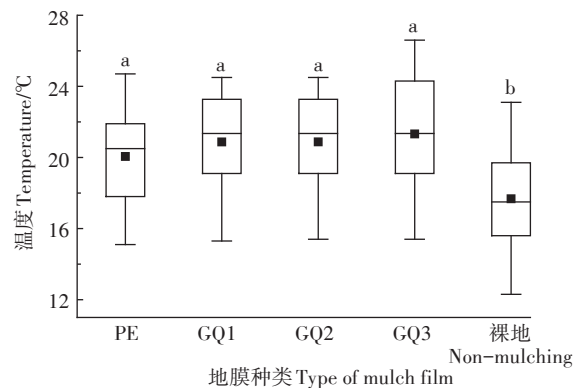


图3 播种后30 d内不同地膜覆盖棉田土壤温度变化

Figure 3 Soil temperature of cotton fields with different plastic films mulching within 30 days of sowing

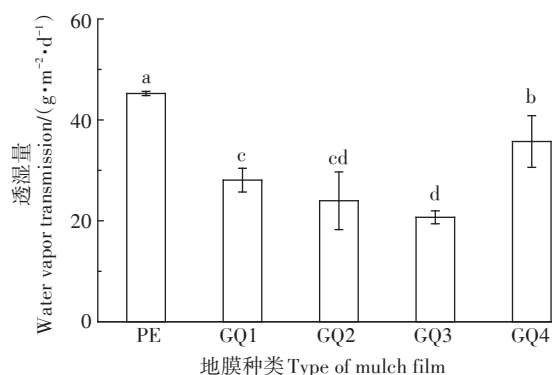


图4 高强度地膜和传统PE地膜透湿量特征

Figure 4 The amount of water vapor transmission of high-strength and conventional PE plastic mulch film

GQ2居中,透湿量分别为 $28.1\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 和 $24.0\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ;GQ4的透湿量最大,为 $35.7\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 。4种高强度地膜的透湿量较传统PE地膜降低了23.2%~54.2%,这意味着在田间地膜覆盖完好情况下,高强度地膜能够大幅降低棉田土壤水分损失速度,有效提高土壤含水量,具有良好的保墒功能,为棉花生长发育提供良好的水分保障。

## 2.2 不同种类地膜对棉花生长发育的影响

### 2.2.1 不同地膜覆盖棉花的出苗情况

播种14 d后,高强度地膜覆盖棉花出苗率显著高于传统PE地膜(表3),其中GQ3覆盖棉花平均出苗率最高,高达98.3%,传统PE地膜的平均出苗率最低,仅为75.0%。播种30 d后高强度地膜GQ1、GQ2和GQ3覆盖棉花真叶长出率差异不显著( $P>0.05$ ),但均显著高于GQ4和传统PE地膜( $P<0.05$ ),其中GQ2覆盖棉花真叶长出率最高,为98.3%,传统PE地膜覆盖棉花真叶长出率最低,为81.7%(表3)。与高强度地膜相比,传统PE地膜覆盖棉花的出苗率和真叶长出率均处于最低水平,表明高强度地膜覆盖更有利于棉花萌芽和苗期生长,其主要原因可能是高强度地膜具有较好的增温保墒性能。有研究表明PE地膜覆盖能够增加土壤水分,并在玉米播种时和苗期将土壤温度提高约 $2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[13]</sup>,佐证了本研究结论。

### 2.2.2 不同地膜覆盖棉花关键时期的生长情况

播种45 d后不同地膜覆盖棉花株高表现为PE>GQ1>GQ2>GQ3>GQ4,株高范围是10.0~17.2 cm(表4),其中GQ2处理棉株高度居中(13.4 cm),与PE、GQ1、GQ3和GQ4处理棉株高度差异显著。不同地膜覆盖棉株叶片数变化趋势与株高表现一致,PE地膜处理的单株棉花叶片数最多,为6.0,GQ3和GQ4处理

单株棉花叶片数最少,为4.0。PE覆盖棉花平均须根数显著高于GQ4、GQ1和GQ3高强度地膜( $P<0.05$ ),与GQ2差异不显著( $P>0.05$ );PE处理须根长度与高强度地膜之间差异均不显著( $P>0.05$ ),但GQ2和GQ3处理棉花须根长度显著高于GQ1处理。

播种90 d后,高强度地膜覆盖棉花株高、开花数、花蕾数及果枝数(除GQ4覆盖棉花果枝数)均高于传统PE地膜,其中不同地膜覆盖对棉花花蕾数和果枝数的影响不显著(表5)。GQ1、GQ2、GQ3和GQ4在播种90 d时株高分别为68.8、72.2、67.8 cm和68.2 cm,显著高于PE覆盖棉株(58.6 cm);GQ1和GQ2处理单株的开花数均为2.2,显著高于PE、GQ3和GQ4(开花数分别为1.0、1.4和1.2)。整体来看,在苗期(14 d和30 d)及播种90 d后,高强度地膜覆盖下棉花生长的效果优于传统PE地膜,但在播种45 d时棉花生长的效果与传统PE地膜覆盖下差异不明显。

### 2.2.3 棉花收获时的主要性状与产量

不同地膜覆盖棉株在收获时的高度为58.6~72.2 cm,高强度地膜覆盖棉株高度显著高于PE地膜。传统PE地膜与高强度地膜(GQ1、GQ2、GQ3和GQ4)处理的每株棉花果枝数分别为8.8、9.0、8.6、9.7、8.8,各

表3 不同地膜覆盖棉花出苗情况

Table 3 Emergence of cotton with high-strength and PE plastic film mulching

地膜种类 Type of mulch film	播后14 d出苗率 Emergence rate at 14 d after sowing/%	播后30 d真叶长出率 Leaf growth rate at 30 d after sowing/%
PE	75.0±5.0c	81.7±5.8b
GQ1	88.3±2.9b	95.0±0.0a
GQ2	93.3±2.9ab	98.3±2.9a
GQ3	98.3±2.9a	93.3±5.8a
GQ4	93.3±2.9ab	85.0±5.0b

注:同列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

Note: Different letters in a column indicate significant differences ( $P<0.05$ ). The same below.

表4 不同地膜覆盖棉花在播种45 d时的生长情况

Table 4 The growth of cotton with PE and high-strength plastic film mulching at 45 d after sowing

地膜种类 Type of mulch film	株高 Plant height/cm	叶片数 Leaves number per plant	须根数 Fibrous root number per plant	须根长 Fibrous root length/cm
PE	17.2±1.5a	6.0±0.0a	12.7±1.5a	11.3±2.1ab
GQ1	16.8±1.3a	5.7±0.6a	8.3±2.1b	7.7±1.5b
GQ2	13.4±1.1b	5.0±0.0b	13.0±1.7a	13.3±4.2a
GQ3	10.2±0.4c	4.0±0.0c	8.3±2.3b	13.7±0.6a
GQ4	10.0±1.6c	4.0±0.0c	9.0±1.0b	10.7±1.2ab

表5 不同地膜覆盖棉花在播种90 d时的生长情况

Table 5 The growth of cotton with PE and high-strength plastic film mulching at 90 days after sowing

地膜种类 Type of mulch film	株高 Plant height/cm	开花数 Number of flowering per plant	花蕾数 Number of buds per plant	果枝数 Branch number per plant
PE	58.6±3.2b	1.0±0.0b	7.4±0.5a	7.2±1.1a
GQ1	68.8±6.1a	2.2±0.4a	10.0±4.1a	8.0±1.4a
GQ2	72.2±3.9a	2.2±0.4a	8.8±1.6a	7.2±1.2a
GQ3	67.8±4.1a	1.4±0.9b	10.0±0.7a	7.4±0.5a
GQ4	68.2±4.3a	1.2±0.4b	9.8±1.1a	7.0±1.2a

处理单铃质量无明显差异,均为5.0 g。但高强度地膜覆盖棉花产量为7 638.8~7 759.0 kg·hm<sup>-2</sup>,比传统PE地膜增产231.0~351.2 kg·hm<sup>-2</sup>,增产率为3.1%~4.7%(表6)。高强度地膜覆盖棉花产量显著高于传统PE地膜( $P<0.05$ ),主要表现在棉花株铃数较传统地膜多0.4~0.6个。

覆膜可以通过提高土壤温度、保持土壤水分以及减少氮损失和病虫害来提高作物生产效率<sup>[14-16]</sup>,也可以通过在早期促进作物根系生长的机制提高土壤温度、增加作物产量<sup>[17]</sup>。本研究中高强度地膜覆盖的棉花出苗率、真叶长出率、株高、开花数、花蕾数、株铃数及产量明显高于传统地膜,可归因于高强度地膜具有良好的增温保墒性能。不同地膜处理的棉花土壤温度变化特征及不同地膜透湿量的结果佐证了这一结论。地膜覆盖能够通过提高作物播种时土壤贮水量和土壤温度来提高作物产量<sup>[13,16]</sup>,也进一步证实了本研究结果。

### 2.3 不同种类地膜的回收率

新疆生产建设兵团采用将地膜回收与冬灌压盐工作相结合的方式督促农民在采摘棉花后回收地膜,这极大推进了新疆棉田地膜回收工作。目前新疆棉田地膜回收方式主要有两种:一是机械回收为主,人工回收为辅;二是人工回收。地膜回收率及回收难易程度受到多种因素影响:一是棉花收获后的地膜强度,强度越高,越容易被回收;二是地膜回收机的特点和性能;三是回收作业面,如果土壤过干、

采棉机作业时对棉花地压实比较严重,地膜回收更加困难;四是边行压土和窄行之间的地膜现阶段几乎无法实现回收<sup>[6,18]</sup>。

研究采用耙式回收方式,应用棉花秸秆粉碎与地膜回收一体化机械分别对PE和GQ1覆盖棉花地开展了残膜回收试验。在机械回收结束后,选择3~5个样方(幅宽2.05 m,长度1 m)进行人工捡拾残留地膜。收集样方中所有的残膜,包括压在土壤中的当年膜,装入采样袋带回实验室。在实验室内将采集的样品进行杂质分离、清洗,然后测定并计算地膜残留率。结果显示,高强度地膜GQ1回收率高达83.1%,较传统PE地膜高出6.4个百分点,更有利于地膜的机械回收(图5)。

此外,耙式回收地膜与秸秆粉碎还田是一种应用较广的作业模式,作业效率较高,且能同时粉碎棉花秸秆,完成秸秆还田。但若地膜强度过低,则回收率不高,尤其在压土和窄行棉花上地膜基本无法回收,而且回收地膜的含杂率极高(>90%),只能全部堆在田头,基本不能进行再生利用<sup>[19]</sup>。人工回收地膜是新疆一种重要的作业方式,回收地膜前需沿棉花种植行对地膜进行切割,然后再人工捡拾回收。但在地膜强度比较低的情况下,回收作业率会大幅度下降,影响农民进行人工回收作业的积极性<sup>[20]</sup>。从长远发展来看,高强度地膜因便于农田残膜机械或人工回收,能够减少农田土壤地膜残留量的累积,有利于作物生长,因而,高强度地膜的使用是解决残膜回收难问题的一种

表6 不同地膜覆盖棉花主要性状和产量

Table 6 The main appearance and yield of cotton with different film mulching

地膜种类 Type of mulch film	株高 Plant height/cm	果枝数 Branch number per plant	株铃数 Boll number per plant	单铃质量 Single boll mass/g	产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )
PE	76.4±0.6c	8.8±0.2bc	8.6±0.5b	5.0±0.1a	7 407.8±84.3b
GQ1	80.3±0.7a	9.0±0.1b	9.2±0.1a	5.0±0.1a	7 638.8±62.5a
GQ2	79.4±0.5a	8.6±0.3c	9.2±0.1a	5.0±0.1a	7 734.4±107.8a
GQ3	80.3±1.0a	9.7±0.2a	9.1±0.1a	5.0±0.1a	7 692.8±55.5a
GQ4	77.9±1.0b	8.8±0.2bc	9.0±0.2a	5.0±0.1a	7 759.0±10.2a

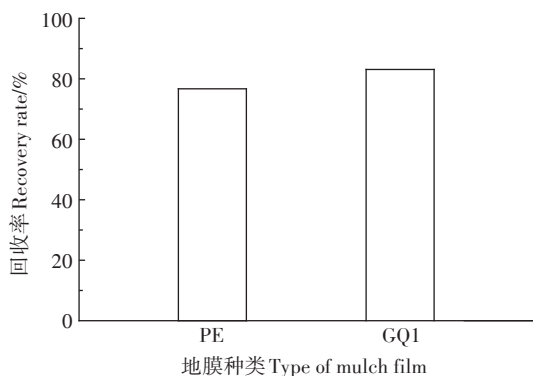


图5 新疆石河子高强度地膜与传统地膜的机械回收率  
Figure 5 Mechanical recovery of high strength film and conventional film in Shihezi, Xinjiang

有效途径。

### 2.4 不同地膜覆盖棉花综合效益分析

本研究通过调查发现,新疆阿拉尔市使用传统PE地膜和高强度地膜种植的棉花每公顷棉田投入分别为36 195元和37 095元(表7)。其中:农资投入(肥料、滴灌系统、地膜、种子、农药、水电)分别为13 020元和13 920元,占总投入的35.9%和37.5%;租/整地和人工费用相同,均为15 900元,分别占总投入的43.9%和42.9%;棉花采收运输与地膜回收费用相同,分别占7.7%和7.5%,地膜回收费用占比较低,约为

1.6%,其他投入超过10%。调查发现,高强度地膜人工回收作业效率比较高,正常情况下,一位农民一天可以回收0.53 hm<sup>2</sup>棉田,回收率超过90%,每公顷回收作业按照600元计算,每人每日作业费约320元。而传统地膜由于强度较低,回收作业率大幅降低,每人每日回收0.33~0.40 hm<sup>2</sup>棉田,回收成本相对较高。现阶段每公顷棉田高强度地膜回收费用与传统地膜相同,为600元。相较于传统PE地膜,高强度地膜应用提高了棉花种植的经济效益(表8),不同高强度地膜覆盖条件下,每公顷棉花的利润为17 910.0~18 774.0元,增幅为4.5%~9.5%。综合来看,高强度地膜,尤其是GQ4较传统PE地膜的经济效益更高,具有良好的推广应用价值。

### 3 结论

(1)整体上,4种高强度地膜在使用前后的拉伸负荷和断裂标称应变指数均高于传统PE地膜,使用180 d后仍具有较高的拉伸负荷,大大提高了地膜的可回收性,有利于地膜的回收作业。

(2)从4月2日播种到6月中旬,高强度地膜的增温效果始终优于传统PE地膜,平均地温较传统PE地膜高1.0℃,较裸地高3.7℃;高强度地膜的透湿量较

表7 新疆阿拉尔不同地膜棉花种植直接投入统计(元·hm<sup>-2</sup>)

Table 7 Direct input for cotton planting with different plastic mulch film in Alar, Xinjiang(yuan·hm<sup>-2</sup>)

地膜种类 Type of mulch film	农资投入 Agricultural capital investment						租/整地和人工 Renting/preparing land and labor			采运和回收 Logging and recovery		其他 Other	合计 Total
	肥料 Fertilizer	滴灌系统 Irrigation	地膜 Plastic mulching film	种子 Seed	农药 Pesticide	水电 Water and electricity	劳力 Labor	租地 Renting land	整地 Land preparation	采运 Logging	地膜回收 Plastic recycling		
PE	5 820	1 050	900	825	1 425	3 000	4 500	9 000	2 400	2 175	600	4 500	36 195
GQ1	5 820	1 050	1 800	825	1 425	3 000	4 500	9 000	2 400	2 175	600	4 500	37 095
GQ2	5 820	1 050	1 800	825	1 425	3 000	4 500	9 000	2 400	2 175	600	4 500	37 095
GQ3	5 820	1 050	1 800	825	1 425	3 000	4 500	9 000	2 400	2 175	600	4 500	37 095
GQ4	5 820	1 050	1 800	825	1 425	3 000	4 500	9 000	2 400	2 175	600	4 500	37 095

表8 新疆阿拉尔高强度地膜棉花种植效益分析

Table 8 Benefit analysis of cotton with high-strength plastic film mulching in Alar, Xinjiang

地膜种类 Type of mulch film	生产成本/(元·hm <sup>-2</sup> ) Production cost/(yuan·hm <sup>-2</sup> )	产量 Yield/(kg·hm <sup>-2</sup> )	产值/(元·hm <sup>-2</sup> ) Production value/(yuan·hm <sup>-2</sup> )	利润/(元·hm <sup>-2</sup> ) Profit/(yuan·hm <sup>-2</sup> )	利润增幅 Profit increase rate/%
PE	36 195	7 408.5	53 341.5	17 146.5	—
GQ1	37 095	7 639.5	55 005.0	17 910.0	4.5
GQ2	37 095	7 734.0	55 684.5	18 589.5	8.4
GQ3	37 095	7 693.5	55 393.5	18 298.5	6.7
GQ4	37 095	7 759.5	55 868.4	18 774.0	9.5

注:棉花收购价格按7.20元·kg<sup>-1</sup>计算。

Note: The purchase price of cotton is 7.20 yuan·kg<sup>-1</sup>.



传统PE地膜显著降低23.2%~54.2%，保水性能较好。高强度地膜具有明显的增温保墒作用。

(3)高强度地膜覆盖有利于棉花萌芽和真叶生长，提高棉花产量，在苗期(14 d和30 d)及播种90 d后高强度地膜覆盖对棉花的促生效果均优于传统PE地膜。

(4)在新疆棉花种植模式下，高强度地膜的应用更有利于提高地膜的回收率，相较于传统PE地膜，其回收率高且含杂率低，具有较高的可再利用价值。

(5)与传统PE地膜相比，高强度地膜覆盖在一定程度上提高了棉花的生产利润，具有较高的综合效益。

#### 参考文献：

- [1] GAO H H, YAN C R, LIU Q, et al. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 651(Part 1):484-492.
- [2] 严昌荣, 戚瑞敏, 薛颖昊, 等. 甘肃省中东部农户地膜应用及回收现状[J]. 农业工程学报, 2019, 35(15):211-216. YAN C R, QI R M, XUE Y H, et al. Application and recovery of plastic mulching film by farmers in central and eastern Gansu Province[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(15):211-216.
- [3] 殷涛, 何文清, 严昌荣, 等. 地膜秸秆双覆盖对免耕种植玉米田土壤水热效应的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(19):78-87. YIN T, HE W Q, YAN C R, et al. Effects of plastic mulching on surface of no-till straw mulching on soil water and temperature[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(19):78-87.
- [4] QI R, JONES D L, LI Z, et al. Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 703:134722.
- [5] LIU E, HE W, YAN C. 'White revolution' to 'white pollution': Agricultural plastic film mulch in China.[J]*Environmental Research Letters*, 2014, 9:091001.
- [6] 周明冬, 秦晓辉, 候洪, 等. 新疆农田废旧地膜污染治理现状及建议[J]. 环境与可持续发展, 2014, 39(5):171-174. ZHOU M D, QIN X H, HOU H, et al. Policy and present situation of pollution treatment of recycled plastic film in agricultural fields in Xinjiang[J]. *Environment and Sustainable Development*, 2014, 39(5):171-174.
- [7] 胡灿, 王旭峰, 陈学庚, 等. 新疆农田残膜污染现状及防控策略[J]. 农业工程学报, 2019, 35(24):223-234. HU C, WANG X F, CHEN X G, et al. Current situation and control strategies of residual film pollution in Xinjiang[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(24):223-234.
- [8] 国家质量监督检验检疫总局. 聚乙烯吹塑农用地面覆盖薄膜:GB 13735—2017[S]. 北京:中国标准出版社, 2017. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Polyethylene blown mulch film for agricultural uses:GB 13735—2017[S]. Beijing:China Standards Press, 2017.
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. 地面气象观测规范 地温:GB/T 53233—2017[S]. 北京:中国标准出版社, 2017. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the PRC. Specifications for surface meteorological observation:Soil temperature:GB/T 53233—2017[S]. Beijing:China Standards Press, 2017.
- [10] 张佳喜, 王学农, 张丽, 等. 农田地膜拉伸性能变化对缠绕式回收的影响[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20):41-47. ZHANG J X, WANG X N, ZHANG L, et al. Effects of mechanical tensile properties of plastic film on plastic recycling method[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(20):41-47.
- [11] 谢建华, 侯书林, 刘英超. 残膜清理回收机具的研究现状及存在的问题[J]. 中国农机化, 2012(5):41-44. XIE J H, HOU S L, LIU Y C. Research status and trends of plastic film residue collectors[J]. *Chinese Agricultural Mechanization*, 2012(5):41-44.
- [12] 严昌荣, 何文清, 刘恩科, 等. 作物地膜覆盖安全期概念和估算方法探讨[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9):1-4. YAN C R, HE W Q, LIU E K, et al. Concept and estimation of crop safety period of plastic film mulching[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(9):1-4.
- [13] HAI L, LI X G, LIU X E, et al. Plastic mulch stimulates nitrogen mineralization in urea-amended soils in a semiarid environment[J]. *Agronomy Journal*, 2015, 107(3):921-930.
- [14] RUIZ-MACHUCA L M, IBARRA-JIMÉNEZ L, VALDEZ-AGUILAR L A, et al. Cultivation of potato—use of plastic mulch and row covers on soil temperature, growth, nutrient status, and yield[J]. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B:Soil & Plant Science*, 2014, 65(1):30-35.
- [15] WANG Y, LI X, FU T, et al. Multi-site assessment of the effects of plastic-film mulch on the soil organic carbon balance in semiarid areas of China[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2016, 228/229:42-51.
- [16] HE G, WANG Z, CAO H, et al. Year-round plastic film mulch to increase wheat yield and economic returns while reducing environmental risk in dryland of the Loess Plateau[J]. *Field Crops Research*, 2018, 225:1-8.
- [17] ROHWER C L, FRITZ V A. Transplant fertilizer solution and early season plastic mulch increase tomato yield in adequate fertility clay loam soil[J]. *Hort Technology*, 2016, 26(4):460-465.
- [18] 何文清, 严昌荣, 刘爽, 等. 典型棉区地膜应用及污染现状的研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(8):1618-1622. HE W Q, YAN C R, LIU S, et al. The use of plastic mulch film in typical cotton planting regions and the associated environmental pollution[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(8):1618-1622.
- [19] 赵岩, 陈学庚, 温浩军, 等. 农田残膜污染治理技术研究现状与展望[J]. 农业机械学报, 2017, 48(6):1-14. ZHAO Y, CHEN X G, WEN H J, et al. Research status and prospect of control technology for residual plastic film pollution in farmland[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2017, 48(6):1-14.
- [20] 严昌荣, 刘恩科, 舒帆, 等. 我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(2):95-102. YAN C R, LIU E K, SHU F, et al. Review of agricultural plastic mulching and its residual pollution and prevention measures in China[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(2):95-102.