



**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

引用本文:

苏海英, 宝哲, 刘勤, 等. 新疆加工番茄应用PBAT全生物降解地膜可行性[J]. *农业资源与环境学报*, 2020, 37(4): 615–622.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13254/j.jare.2019.0140>

**您可能感兴趣的其他文章**

Articles you may be interested in

**PBAT型全生物降解膜对南疆番茄产量及土壤理化性质的影响**

王斌, 万艳芳, 王金鑫, 孙九胜, 槐国龙, 崔磊, 张彦红, 魏彦宏, 刘国宏

*农业资源与环境学报*. 2019, 36(5): 640–648 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0287>

**聚乳酸生物降解地膜对土壤温度及棉花产量的影响**

张妮, 李琦, 侯振安, 冶军

*农业资源与环境学报*. 2016, 33(2): 114–119 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2015.0200>

**不同类型地膜覆盖对玉米农田土壤酶活性的影响**

白雪, 周怀平, 解文艳, 杨振兴, 程曼, 杜艳玲

*农业资源与环境学报*. 2018, 35(4): 381–388 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2018.0033>

**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>

**聚乳酸地膜在大棚西瓜种植中的应用研究**

王亭亭, 李梅, 江伟, 吴榕华, 孙成

*农业资源与环境学报*. 2017, 34(6): 536–542 <https://doi.org/10.13254/j.jare.2017.0140>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

苏海英, 宝哲, 刘勤, 等. 新疆加工番茄应用PBAT全生物降解地膜可行性[J]. 农业资源与环境学报, 2020, 37(4): 615–622.  
SU Hai-ying, BAO Zhe, LIU Qin, et al. Degradation of biodegradable mulch film and its effect on the yield of processing tomatoes in the Xinjiang region[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2020, 37(4): 615–622.



开放科学 OSID

# 新疆加工番茄应用PBAT全生物降解地膜可行性

苏海英<sup>1</sup>, 宝哲<sup>2,3\*</sup>, 刘勤<sup>4\*</sup>, 董道瑞<sup>1</sup>, 严昌荣<sup>4</sup>, 雷海<sup>1</sup>, 薛颖昊<sup>2</sup>, 徐志宇<sup>2</sup>

(1. 新疆维吾尔自治区农业资源与环境保护站, 乌鲁木齐 830049; 2. 农业农村部农业生态与资源保护总站, 北京 100125; 3. 新疆维吾尔自治区农业农村厅, 乌鲁木齐 830049; 4. 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)

**摘要:**为探讨聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT)材料的全生物降解地膜降解性能及在新疆加工番茄上的应用效果, 设置3种PBAT生物降解地膜、普通聚乙烯塑料(PE)地膜和露地种植(不覆膜)共5个处理, 在新疆昌吉市加工番茄主要种植区开展生物降解地膜应用试验, 系统分析了生物降解地膜的降解性能及其对加工番茄土壤温湿度、产量、品质性状的影响。结果表明: 山东天野生物降解地膜在覆膜50 d左右开始降解, 山东清田和蓝山屯河生物降解地膜在覆膜65 d左右开始降解, 在加工番茄收获期降解面积达到60%, 收获后的10月上旬埋土部分基本降解。蓝山屯河、山东天野和山东清田3种生物降解地膜在机械覆膜过程中未出现断裂和粘连, 能够满足新疆加工番茄生产过程中机械覆膜要求。与传统PE地膜相比, PBAT地膜开始破裂之前日平均土壤温度比PE膜处理低0.81℃, 但两者比露地处理分别高1.13℃和1.94℃, 说明PBAT地膜在开裂之前土壤保温性能较好, 与PE地膜保温效果相当。山东清田生物降解地膜透湿率为210 g·m<sup>-2</sup>·24 h<sup>-1</sup>, 高于蓝山屯河和山东天野生物降解地膜的透湿率, 远低于全生物降解地膜国家标准。与PE地膜处理相比, 山东清田生物降解地膜处理增产6.0%, 蓝山屯河生物降解地膜处理增产2.4%, 二者加工番茄产量差异不显著( $P>0.05$ ), 山东天野生物降解地膜处理加工番茄减产13.3%。蓝山屯河和山东清田2种生物降解地膜覆盖番茄产量、产值和纯利润与PE地膜持平, 无明显差异。研究表明, 全生物降解地膜在新疆加工番茄生产中是经济可行的。

**关键词:**全生物降解地膜; 加工番茄; 降解速度; 产量; 效益

中图分类号: S316

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2020)04-0615-08

doi: 10.13254/j.jare.2019.0140

## Degradation of biodegradable mulch film and its effect on the yield of processing tomatoes in the Xinjiang region

SU Hai-ying<sup>1</sup>, BAO Zhe<sup>2,3\*</sup>, LIU Qin<sup>4\*</sup>, DONG Dao-rui<sup>1</sup>, YAN Chang-rong<sup>4</sup>, LEI Hai<sup>1</sup>, XUE Ying-hao<sup>2</sup>, XU Zhi-yu<sup>2</sup>

(1. Agricultural Resources and Environmental Protection Station, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830049, China; 2. Rural Energy and Environment Agency, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 3. Agricultural and Rural Department of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830049, China; 4. Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, 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)

**Abstract:** In order to investigate the biodegradable film degradation properties of polyadipate/terephthalate (PBAT) materials and their applications for processing tomatoes in Xinjiang, different PBAT biodegradable mulch films, common polyethylene plastic (PE) mulch films, and bare land were compared. The experiment using biodegradable film was carried out in the main planting areas of processed tomato in

收稿日期: 2019-03-20 录用日期: 2019-07-02

作者简介: 苏海英(1979—), 女, 新疆伊犁人, 高级农艺师, 研究方向为农业资源与环境保护。E-mail: 56892468@qq.com

\*通信作者: 宝哲 E-mail: baozhe1983@126.com; 刘勤 E-mail: liuqin02@caas.cn

基金项目: 农业生态环境保护专项(2110402); 中央级科研院所基本科研业务费专项(Y2018LM07; Y2019LM02-02); 国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”重点专项(2017YFE0121900)

Project supported: Special Project for Protecting Agricultural Ecological Environment(2110402); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund(Y2018LM07; Y2019LM02-02); The National Key Research and Development Program(2017YFE0121900)

<http://www.aed.org.cn>

Changji City, Xinjiang. Degradation performance of biodegradable mulch film and its effects on the temperature, humidity, and yields of tomato were systematically analyzed. The results showed that the biodegradable mulch film of Shandong Tianye began to degrade around 50 d, and that of Shandong Qingtian and Lanshan Tunhe began to degrade around 65 d. The degradation area of processed tomatoes could reach 60% during harvest, and the buried part in the soil was basically degraded in the first ten days after harvest. The three biodegradable mulch films of Lanshan Tunhe, Shandong Tianye, and Shandong Qingtian did not have fracture and adhesion problems during mechanical filming, which could therefore meet the requirements of mechanical film mulching in Xinjiang. Compared with traditional PE film, the average daily soil temperature of PBAT films was 0.81 °C lower than that of the PE film before the biodegradable film began to rupture, but 1.13 °C and 1.94 °C higher than bare land, respectively, indicating that the biodegradable film has good soil insulation performance before cracking; its effect is equivalent to the effect of PE film. The permeability of the Shandong Qingtian biodegradable mulch film was  $210 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ , which was higher than that of the Lanshan Tunhe and Shandong Tianye biodegradable mulch films, the values of which were much lower than the national standard of biodegradable mulch films. Shandong Qingtian biodegradable mulch film increased yield by 6.0% compared with PE film. The biodegradable mulch film of Lanshan Tunhe increased yield by 2.4%. The difference in yield of tomatoes between the two films was not significant ( $P>0.05$ ), and the yield of tomatoes for Shandong Tianye biodegradable mulch film decreased by 13.3%. The yield, output value, and net profit of the two tomatoes of biodegradable mulch film of Lanshan Tunhe and Shandong Qingtian were the same as those of the PE mulch film. There was no significant difference, indicating that the biodegradable mulch film is economically viable in the production of processing tomatoes in Xinjiang.

**Keywords:** biodegradable mulch film; processing tomato; degradation rate; yield; benefit

20世纪80年代初,地膜开始在棉花上推广应用。近些年来,随着膜下滴灌技术和配套农业机械的研发与应用,地膜覆盖技术得到了进一步发展,2017年新疆地膜覆盖总面积379.78万 $\text{hm}^2$ ,地膜使用量21.9万t,占全国地膜使用量的15.3%,是全国地膜使用量和覆盖栽培面积最大的省份<sup>[1-4]</sup>。

然而,大部分塑料地膜在使用后直接残留在土壤中或被随意燃烧,释放出有害物质,对环境造成负面影响。我国农业生产中使用的农用薄膜的主要成分是线性低密度聚乙烯(LLDPE)或低密度聚乙烯(LDPE),分子结构非常稳定,同时因厚度薄而在田间极易破碎,不仅造成地膜二次利用率低,也因难以回收致使残膜在土壤中不断积累<sup>[5-9]</sup>。累积的大量残膜导致土壤物理结构改变,使土壤水分和养分向下运输受到阻碍,土壤孔隙度和通透性降低,造成耕地质量下降<sup>[10-14]</sup>。因全生物降解地膜具有与普通PE膜相似的增温、保墒效果<sup>[15-16]</sup>,在地膜覆盖技术尚无法取代且缺乏有效残膜回收利用手段的前提下,研发和推广应用环境友好型的全生物降解地膜新产品,将是未来我国实现农业清洁生产以及保障粮食安全的重要技术途径。

生物降解地膜是指在自然环境中通过微生物的作用而降解的一类塑料薄膜。日本生物降解塑料研究技术委员会将其定义为在自然界中通过微生物的作用可以分解成不会对环境产生恶劣影响的低分子化合物的高分子及其掺混物<sup>[17]</sup>。以石油基生产生物

降解地膜的主要成分是二元酸二元醇共聚酯(PBAT等)<sup>[17]</sup>、聚羟基烷酸酯(PHA)、聚己内酯(PCL)<sup>[18]</sup>、聚羟基丁酸酯(PHB)<sup>[19]</sup>和二氧化碳共聚物-聚碳酸亚丙酯(PPC)等,这些高分子物质在自然界中能够很快分解和被微生物利用,最终降解产物为二氧化碳和水<sup>[16]</sup>。目前,全生物降解地膜已在北方春播马铃薯<sup>[20-21]</sup>、东北花生<sup>[22-23]</sup>、棉花<sup>[24-25]</sup>和冬小麦<sup>[26]</sup>开展了试验研究,研究发现生物降解地膜能减少土壤残膜污染,具有保温、保墒、促进作物生长和增产等作用<sup>[27-30]</sup>,但降解地膜覆盖后的降解特性以及作物产量的增减变化存在差异,这可能是由于作物种类、覆膜方式、灌水量和区域气候条件等不同造成的<sup>[23,31-32]</sup>。本文通过开展以PBAT为原料的全生物降解膜在新疆加工番茄上的应用效果试验,评价生物降解膜对加工番茄生长发育、产量的影响及其降解性能,为生物降解地膜推广应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验区位于新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州昌吉市,地处天山北坡中段,准噶尔盆地南缘。试验点为昌吉市下巴湖农场,地处中纬度西风带,具有典型的大陆性气候特征,表现为冬季寒冷漫长,夏季炎热,降水稀少,蒸发强烈,气温年较差、日较差较大,多年平均气温为6.8 °C,气温年较差为42.1 °C,日较差为13.2 °C,极端最高气温为42.0 °C,极端最低气温

为 $-38.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。多年平均降水量为 $180.1\text{ mm}$ ,蒸发量为 $2\ 390\text{ mm}$ 。

## 1.2 试验材料

生物降解地膜主要原料为聚己二酸/对苯二甲酸丁二酯(PBAT),购自三个厂家,其中蓝山屯河生物降解地膜原料为自产,山东天野生物降解地膜原料来自广东金发,山东清田生物降解地膜原料来自德国巴斯夫,生物降解地膜的物理参数如表1所示。

## 1.3 试验设计

采用单因素随机区组设计,设3种生物降解地膜、普通聚乙烯塑料(PE)地膜和露地栽培(不覆膜),共5个处理,每个处理为1个试验区,随机排列,3次重复,共15个区。幅宽 $125\text{ cm}$ ,种植模式为每垄2行,垄上行间距 $30\text{ cm}$ ,垄间行间距 $120\text{ cm}$ ,株距 $20\text{ cm}$ 。每穴移栽1棵加工番茄,移栽秧苗带有营养基质,人工移栽前进行滴灌。

2018年6月初中耕一次,主要除草、松土,采用水肥一体化膜下滴灌,加工番茄整个生育期共进行9次滴灌施肥,2018年6月1日—8月3日,每7d进行一次,施肥量为 $\text{N } 300\sim 375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , $\text{P}_2\text{O}_5\ 300\sim 375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , $\text{K}_2\text{O } 375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

## 1.4 测试指标及方法

### 1.4.1 地膜强度性能

根据当地地膜铺设实际情况,利用常规覆膜机进行地膜覆盖作业,测试地膜是否满足农机作业要求,重点考察评价地膜在覆膜机具正常行走状态下是否存在断裂和粘连等情况。

### 1.4.2 增温性能

按照国家气象局《地面气象观测规范》(ISBN: 9787502936907)中关于地温的测定要求,采用温度自动记录探头装置测定(精度 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),探头埋设深度为 $10\text{ cm}$ ,每 $60\text{ min}$ 记录1次数据,3次重复,最后进行日平均温度计算。

### 1.4.3 保墒性能

地膜保墒性能采用水蒸气透过率测试法进行测

试,设备为PERME W3/060水蒸气透过率测试仪,测试精度为 $0.01\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24\text{ h}^{-1}$ ,每个样品3次重复,每个重复做6次循环,取其稳定值为该地膜的透湿率。

### 1.4.4 地膜降解情况

在覆膜后前30d,每10d观测1次,记录各参试地膜破损情况(是否出现裂纹、裂缝,破碎程度如何,同时记录裂纹、裂缝的数量以及破碎的块数),并判定降解情况,重点记录诱导期的出现日期。

拍照记录每个降解阶段的场景,具体如下:每个处理每个重复设置3个固定观测点,每个处理9个观测点,利用固定框进行定点照相( $50\text{ cm}\times 50\text{ cm}$ )。按照观测间隔要求,选择有代表性的一个重复中3个固定观测点拍照,直至下茬作物整地之前;远景照片保证拍摄到5m左右的地膜影像。

在作物收获时,观测各处理小区垄(畦)面上的地膜降解程度,包括整体状况、残膜强度测试和评价。

### 1.4.5 加工番茄产量与品质

对加工番茄进行生育期调查,生育期的日期以小区50%以上植株进入生育期为标志。每个处理各取3个点,每个点 $10\text{ m}^2$ ,5个处理3次重复共取15个点,测定产量后计算单位面积产量。单株番茄数量测定:在采样区选取连续5株加工番茄进行单株果实数量的测定。通过称量5株加工番茄果实的总质量和总个数,计算出单个番茄果实质量。在每个试验处理样方中选取成熟适中的番茄进行主要品质参数的测定,具体包括 $V_c$ 、总酸、总糖含量和糖酸比。其中 $V_c$ 含量采用紫外快速测定法,番茄总酸含量采用中和法,番茄总糖含量采用硫酸-蒽酮法。

## 1.5 数据分析

数据采用Microsoft Excel 2010软件和SPSS 11.5进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物降解地膜的上机性能

3种生物降解地膜和1种PE地膜按照当地加工

表1 地膜基本情况

Table 1 The information of biodegradable mulch film

地膜种类 Mulch film types	颜色 Colour	厚度 Thickness/ $\mu\text{m}$	宽度 Width/cm	最大拉伸负荷 Maximum tension load/N		
				纵向	横向	GB/T 35795—2017
蓝山屯河地膜	黑色	9.2	125	4.1	1.7	$\geq 1.5$
山东清田地膜	黑色	9.8	125	4.2	—	$\geq 1.5$
山东天野地膜	黑色	6.8	125	2.2	1.6	$\geq 1.5$
PE地膜	黑色	10	125	—	—	1.6

番茄种植的常规操作进行,即利用1MK-3型地膜覆盖打孔机进行作业,每次作业覆膜3垄(125 cm),然后采用人工对加工番茄进行定植,测试结果显示,3种生物降解地膜在机械覆膜过程中均未出现断裂和粘连等问题,作业顺利,与PE地膜基本一致,表明生物降解地膜完全能够满足新疆加工番茄生产过程中机械覆膜要求。

### 2.2 生物降解地膜对地温的影响

如图1所示,地膜覆盖对农田土壤温度的影响不是简单的高低问题,与气候条件、加工番茄生育期均有密切关系,总体而言,在前期(6月上旬前),地膜覆盖均较露地栽培土壤温度高,之后露地栽培土壤温度反而较覆膜农田温度高,这主要是由于露地种植加工番茄没有封垄,太阳可直接照射到土壤表层,导致土壤温度较高。而地膜覆盖的加工番茄农田,由于番茄生长茂密,太阳辐射被冠层截留,导致土壤温度较低。

在6月10日之前的46 d,与露地栽培相比,地膜覆盖使加工番茄土壤地表积温增加了17~79 °C·d,而整个监测时期,地膜覆盖使土壤地表积温降低了57~158 °C·d,这充分说明不能简单用是否增温来衡量地膜的功效。图1还表明,生物降解地膜的增温性能均弱于PE地膜,同时,不同生物降解地膜的增温性也存在差异,其中山东清田生物降解地膜增温性相对较弱。

### 2.3 生物降解地膜的保墒特性

保墒性是地膜覆盖的另一重要功能,生物降解地膜由于材料本身的特性差异,与PE地膜相比,如何减少覆膜后土壤水分散失是生物降解地膜配方改进的一个重要方面。图2显示生物降解地膜水分散失速

度显著高于PE地膜,同时,生物降解地膜间也表现出显著性差异( $P<0.05$ )。在生物降解地膜保持完好状态下,山东天野和蓝山屯河生物降解地膜的透湿率约为 $180 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ ,而山东清田生物降解地膜达到 $210 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ 。根据《全生物降解地膜国家标准》(GB/T 35795—2017),厚度 $<10 \mu\text{m}$ 生物降解地膜的透湿率要求 $<800 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot 24 \text{ h}^{-1}$ ,本试验生物降解地膜的透湿率远低于此标准,表明现阶段我国生物降解地膜在保水性能上已经得到了大幅提高。由于新疆昌吉加工番茄种植采用膜下滴灌技术,较好保障了加工番茄生长发育所需要的水分供应,因此,在加工番茄生产上并未表现出不同生物降解地膜保水性的差异,但在旱作农业区则应予以考虑。

### 2.4 生物降解地膜降解情况

定点观测结果显示:蓝山屯河生物降解地膜在6月下旬开始出现细小孔洞,覆膜后65 d开始降解,6月底出现较大孔洞,但整体仍然保持相对完整,在7月下旬后出现大面积破裂和降解,收获后的10月上旬埋土部分基本降解,而暴露于地表部分虽仍然呈块状,但机械强度基本丧失。与蓝山屯河生物降解地膜相比,山东天野生物降解地膜在6月上旬开始出现细小孔洞,覆膜后50 d左右开始降解,6月底出现大面积破裂和降解,10月上旬后大面积地膜基本降解。山东清田生物降解地膜与蓝山屯河生物降解地膜的降解情况基本一致,在7月中下旬出现大面积破裂和降解,10月上旬后大面积地膜基本降解。总体来说,生物降解地膜的降解过程为先出现细小孔洞,然后出现较大孔洞,大面积破裂,最后破碎成小块,降解过程

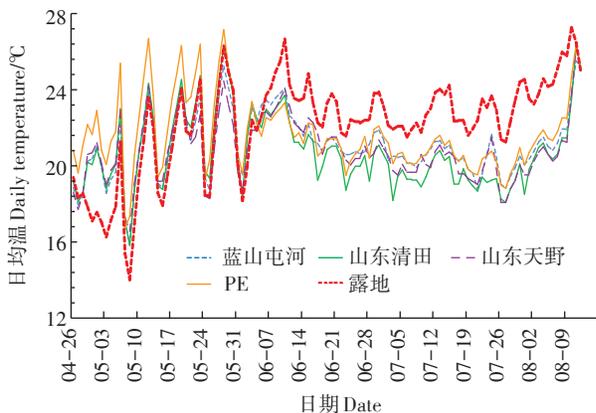


图1 不同生物降解地膜覆盖下加工番茄土壤温度  
Figure 1 The soil temperature of processing tomato under different mulching films

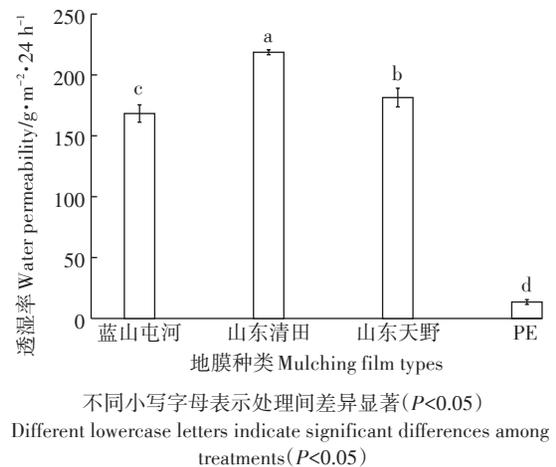


图2 加工番茄生物降解地膜透水特性  
Figure 2 The characteristics of water permeability for different biodegradable mulching film

伴随着地膜变薄、变脆和机械强度丧失。山东清田和蓝山屯河生物降解地膜在覆膜65 d左右开始降解,山东天野生物降解地膜提前10 d开始降解,在加工番茄收获期降解面积能达到60%,收获后的10月上旬埋土部分基本降解。

### 2.5 覆膜对加工番茄产量和品质的影响

生物降解地膜与PE地膜覆盖的加工番茄的生育期基本一致,没有出现明显差异,但山东天野生物降解地膜覆盖的加工番茄成熟期略有延后,可能与其破裂降解过早、增温和保水性能降低有一定关系。由表2可知,除山东天野生物降解地膜产量显著低于其他生物降解地膜覆盖加工番茄产量外,其他生物降解地膜与普通PE地膜覆盖的加工番茄产量差异不显著,且所有地膜覆盖处理加工番茄产量均高于露地种植,番茄产量构成因素也表明,覆膜与否严重影响到单株番茄产量。

表3结果显示:露地种植加工番茄Vc含量显著高于覆膜种植,不同地膜种植间无显著差异;糖度和

酸度反映了番茄的风味品质,从测定结果看,地膜覆盖能够增加番茄的总糖含量,提高糖酸比,其中,山东清田地膜和PE地膜的加工番茄口感最甜,糖酸比达到了13.8,而露地种植加工番茄总糖含量最低,糖酸比仅为10.2,这表明地膜覆盖对加工番茄产品质量具有显著影响。

### 2.6 全生物降解地膜经济可行性分析

新疆加工番茄生产投入主要包括农资(如肥料、地膜、种苗、农药、灌溉水等)、次劳动力、地租、果实收获运输以及地膜回收投入等。每公顷投入3.35万~3.55万元,其中地膜投入占全部投入的2.6%~7.5%,所占比例较低,且占比高低与地膜种类、用量有较大关系,如按照每公顷需要地膜8 245.88 m<sup>2</sup>,生物降解地膜单价为25元·kg<sup>-1</sup>,PE地膜12元·kg<sup>-1</sup>计算,每公顷地膜投入费用为0.09万~0.27万元(表4),进一步计算得出新疆加工番茄地膜覆盖种植的经济效率(表5),覆膜种植4个处理纯利润为0.74万~1.60万元·hm<sup>-2</sup>,显著高于露地种植征理(-0.83万元·hm<sup>-2</sup>)。

## 3 讨论

地膜覆盖是一项用人工方法改善农作物生长环

表2 不同生物降解地膜对加工番茄产量的影响

Table 2 The yield of processing tomato under different biodegradable mulching film

处理 Treatments	单株果数 Fruit number per plant	单株果质量 Fruit weight per plant/kg	单果质量 Single fruit weight/g	产量 Yield/t·hm <sup>-2</sup>
蓝山屯河地膜	82.7a	4.4a	54a	127.5a
山东清田地膜	64.8bc	3.7b	56a	132.0a
山东天野地膜	55.0c	3.0c	54a	108.0b
PE地膜	69.2b	3.4bc	50a	124.5a
露地种植	35.8d	1.8d	50a	64.5c

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences among treatments(P<0.05). The same below.

表3 不同生物降解地膜覆盖下加工番茄品质性状

Table 3 The quality of processing tomato under different biodegradable mulching film

处理 Treatments	总酸 Total acid/%	Vc/%	总糖 Total sugar/%	糖酸比 Sugar acid ratio
蓝山屯河地膜	0.37b	22.23b	4.79a	12.9
山东清田地膜	0.39b	26.65ab	5.37a	13.8
山东天野地膜	0.40ab	24.32b	5.08a	12.7
PE地膜	0.41ab	25.75b	5.68a	13.8
露地种植	0.46a	32.11a	4.69a	10.2

表4 新疆加工番茄生产过程物质和人工投入(万元·hm<sup>-2</sup>)

Table 4 The input cost for processing tomato in Xinjiang region(10<sup>4</sup> yuan·hm<sup>-2</sup>)

处理 Treatments	农资投入 Agricultural material input					租地和人力 Leasehold and labor		采运和地膜回收 Harvesting and plastic recycling		合计 Total
	肥料 Fertilizer	地膜 Mulching film	种苗 Germchit	农药 Pesticides	水电 Water and electricity	劳力 Labor cost	租地 Leasehold cost	采运 Harvesting	地膜回收 Plastic recycling	
	蓝山屯河地膜	0.36	0.25	0.48	0.075	0.27	0.45	0.6	1.05	
山东清田地膜	0.36	0.27	0.48	0.075	0.27	0.45	0.6	1.05	—	3.55
山东天野地膜	0.36	0.19	0.48	0.075	0.27	0.45	0.6	1.05	—	3.47
PE地膜	0.36	0.09	0.48	0.075	0.27	0.45	0.6	1.05	0.045	3.42
露地种植	0.36	—	0.48	0.075	0.33	0.6	0.6	0.9	—	3.35

注:租地费差异较大,一般为0.6万~0.9万元·hm<sup>-2</sup>,地膜回收费为0.045万~0.075万元·hm<sup>-2</sup>,表中数据均按照低值进行计算。下同。

Notes: The difference in land rent is relatively large, generally between 6 000~9 000 yuan·hm<sup>-2</sup>, and the film collection charge is 450~750 yuan·hm<sup>-2</sup>. The data is calculated according to the low value. The same below.

表5 不同地膜覆盖加工番茄投入产出

Table 5 The input-output for processing tomato under different biodegradable mulching film

处理 Treatments	投入/万元·hm <sup>-2</sup> Total inputs/10 <sup>4</sup> yuan·hm <sup>-2</sup>	产量 Yield/t·hm <sup>-2</sup>	产出/万元·hm <sup>-2</sup> Total output/10 <sup>4</sup> yuan·hm <sup>-2</sup>	纯利润/万元·hm <sup>-2</sup> Profit/10 <sup>4</sup> yuan·hm <sup>-2</sup>
蓝山屯河地膜	3.53	127.5	4.97	1.44
山东清田地膜	3.55	132	5.15	1.60
山东天野地膜	3.47	108	4.21	0.74
PE地膜	3.42	124.5	4.86	1.45
露地种植	3.35	64.5	2.52	-0.83

境的栽培技术,该技术可以明显起到增温保墒的效果,从而通过改善土壤的水、热状况,提高养分利用效率,培肥地力,最终达到稳产增效的效果<sup>[2,6-7]</sup>。随着PE地膜使用量的不断增加,残膜累积污染对新疆尤其是北疆地区的土壤和生态环境的负面影响不断显现。生物降解地膜具有与PE地膜类似的保温和保水效果,产量水平与PE地膜相当,且具有自然降解作用<sup>[16,33-34]</sup>。

同种材料不同厂家的生物降解地膜降解性能略有差异。本研究表明,山东天野生物降解地膜在覆膜50 d左右开始降解,山东清田和蓝山屯河生物降解地膜在覆膜65 d左右开始降解,在加工番茄收获期降解面积能达到60%,收获后的10月上旬埋土部分基本降解。申丽霞等<sup>[35]</sup>研究一种光-生物降解膜表明:在覆膜30~40 d开始出现裂纹,90 d以后大面积裂解,且厚度较薄的降解膜降解较快。张妮等<sup>[25]</sup>研究聚乳酸为原料的棉花生物降解地膜在覆膜17~22 d后进入诱导期,60 d后逐渐进入破裂期,130 d左右进入崩裂期。以PBAT为原料的生物降解地膜诱导期长于光-生物降解膜和聚乳酸为原料的生物降解地膜,本研究中诱导期为65 d的生物降解地膜能够满足新疆移栽条件下加工番茄的种植需求。

土壤温度是直接或间接影响作物生长发育和产量的重要因子。4月份早春,0~10 cm土层温度对加工番茄秧苗成活起至关重要的作用。与传统PE地膜相比,生物降解地膜开始破裂之前日平均土壤温度低于普通膜0.81℃,但比露地分别高出1.13℃和1.94℃,由于露地加工番茄前期温度较低导致生长不好,没有封垄,所以后期太阳暴晒露地土壤温度较高。总体来说生物降解地膜在开裂之前土壤保温性能较好,与PE地膜作用相当,与申丽霞等<sup>[35]</sup>和刘群等<sup>[36]</sup>研究结论一致,因此地膜覆盖能增加土壤有效积温<sup>[34,37]</sup>。

与PE地膜相比,不同厂家降解地膜覆盖下的加工番茄产量变化不同,山东清田生物降解地膜增产6.0%,蓝山屯河生物降解地膜增产2.4%,两个厂家加工番茄产量差异不显著( $P>0.05$ ),山东天野生物降解地膜加工番茄减产13.3%。刘群等<sup>[36]</sup>研究发现生物降解地膜覆盖能使玉米增产18.7%,略高于PE地膜的增产率(17.7%);何文清等<sup>[38]</sup>发现新疆石河子生物降解地膜覆盖棉花较PE地膜产量高2.8%;段义忠等<sup>[20]</sup>也发现2种生物降解地膜覆盖马铃薯块茎产量增加20%以上,远高于PE地膜的6.3%,这种差异的原因可能是生物降解地膜材料种类、作物种类和区域环境条件等不同。

应用全生物降解地膜是解决地膜残留污染的重要途径之一,在农业生产中具有较好效果,潜力巨大,但还存在技术问题,目前需要加强生物降解地膜的原材料、配方和生产工艺的研究,提高产品质量,降低成本,尤其是要研发针对特定区域和特定作物的专用生物降解地膜,以满足和适应农业生产多样性的要求<sup>[16]</sup>。在新疆昌吉目前生产条件和模式下,本研究的蓝山屯河和山东清田两种生物地膜应用在新疆加工番茄生产中经济上是可行的,有可推广的市场前景。

#### 4 结论

(1)厚度为8 μm左右的生物降解地膜能够满足机械作业的要求,覆膜效果与PE地膜相同,在覆膜作业过程中未出现生物降解地膜断裂、撕裂等问题。

(2)3种生物降解地膜产品虽然在增温和保水性上能与PE地膜相比略有差异,但基本满足了番茄生长发育要求。在番茄采收时,50%~70%生物降解地膜破裂和降解,避免了地膜缠绕、采收机绞轮情况的发生,提高了加工番茄采收作业效率和商品率。

(3)在新疆昌吉目前生产条件和模式下,覆膜种植能够保证每公顷纯利润0.74万~1.60万元。蓝山屯

河和山东清田2种生物降解地膜覆盖加工番茄产量、产值和纯利润与PE地膜持平,无明显差异,说明全生物降解地膜在新疆加工番茄生产应用中是经济可行的。

#### 参考文献:

- [1] 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.  
DONG He-gan, LIU Tong, LI Yong-guan, et al. Effects of plastic film on cotton yield and soil physical and chemical properties in Xinjiang [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(8):91-99.
- [2] 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, 651:484-492.
- [3] 国家统计局农村社会经济调查司.中国农村统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2018:46-49.  
Department of Rural Socio-Economic Survey, National Bureau of Statistics. China rural statistical yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2018:46-49.
- [4] Yan C R, He W Q, Neil C T, et al. Plastic-film mulch in Chinese agriculture: Importance and problems[J]. *World Agriculture*, 2014, 4(2):32-36.
- [5] 代亚妮,卫引菊,王海燕.降解地膜是农用塑料膜发展的必然趋势[J].陕西农业科学,2003(6):32-34.  
DAI Ya-ni, WEI Yin-ju, WANG Hai-yan. Degradable plastic film is the inevitable trend of agricultural plastic film development[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Science*, 2003(6):32-34.
- [6] 严昌荣,何文清,刘爽,等.中国地膜覆盖及残留污染防控[M].北京:科学出版社,2015:82-118.  
YAN Chang-rong, HE Wen-qing, LIU Shuang, et al. Application of mulching films and prevention of its residual pollution in China[M]. Beijing: Science Press, 2015:82-118.
- [7] Liu E K, He W Q, Yan C R. 'White revolution' to 'white pollution'—agricultural plastic film mulch in China[J]. *Environmental Research Letters*, 2014, 9(9):091001.
- [8] 夏勇,黄昌猛,吕海霞,等.聚乙烯的结构、性能与应用[J].橡塑技术与装备(塑料),2017,43(16):42-45.  
XIA Yong, HUANG Chang-meng, LÜ Hai-xia, et al. Structure, properties and applications of polyethylene[J]. *China Rubber/Plastics Technology and Equipment*, 2017, 43(16):42-45.
- [9] 于红军,赵英.农用塑料制品与加工[M].北京:科学技术文献出版社,2002.  
YU Hong-jun, ZHAO Ying. Agricultural plastic products and processing[M]. Beijing: Scientific and Technical Documents Publishing House, 2002.
- [10] 梁美英,卜玉山,李伟,等.不同地膜与覆盖方式土壤水温与作物增产效应[J].山西农业大学学报:自然科学版,2010,30(5):426-431.  
LIANG Mei-ying, BU Yu-shan, LI Wei, et al. Effects of different plastic films and mulching patterns on the soil temperature, moisture, and corn yield[J]. *Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition*, 2010, 30(5):426-431.
- [11] 梁美英,卜玉山,李伟,等.不同覆盖材料土壤水温效应与作物增产效应分析[J].中国农学通报,2011,27(9):328-335.  
LIANG Mei-ying, BU Yu-shan, LI Wei, et al. Effects of different mulching materials on soil moisture and temperature and crop yield [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2011, 27(9):328-335.
- [12] 梁流涛,王岩松,刘桂英.农村发展中的环境问题及其形成机制研究——以山东省王景河村为例[J].地域研究与开发,2011,30(6):89-93.  
LIANG Liu-tao, WANG Yan-song, LIU Gui-ying. Study on rural environmental problems and its formation mechanism in the rural development: A case of Wangjinghe village in Shandong Province[J]. *Areal Research and Development*, 2011, 30(6):89-93.
- [13] 严昌荣,何文清,梅旭荣.农用地膜的应用与污染防治[M].北京:科学出版社,2010:4-6.  
YAN Chang-rong, HE Wen-qing, MEI Xu-rong. Application of agricultural mulch film and prevention of its residual pollution[M]. Beijing: Science Press, 2010:4-6.
- [14] 张江华,蒋平安,申玉熙,等.新疆农田地膜污染现状及对策[J].新疆农业科学,2010,47(8):1656-1659.  
ZHANG Jiang-hua, JIANG Ping-an, SHEN Yu-xi, et al. Present conditions and control measures of plastic film residue in agricultural fields in Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Science*, 2010, 47(8):1656-1659.
- [15] 方玉珍,张化生,杨永岗.不同覆膜方式软荚豌豆的土壤水热效应及其对产量的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):123-126,191.  
FANG Yu-zhen, ZHANG Hua-sheng, YANG Yong-gang. Effect of different mulching methods on soil temperature, moisture and yield of sugarpod garden pea[J]. *Agricultural Research in Arid Areas*, 2014, 32(5):123-126, 191.
- [16] 严昌荣,何文清,薛颖昊,等.生物降解地膜应用与地膜残留污染防控[J].生物工程学报,2016,32(6):748-760.  
YAN Chang-rong, HE Wen-qing, XUE Ying-hao, et al. Application of biodegradable plastic film to reduce plastic film residual pollution in Chinese agriculture[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2016, 32(6):748-760.
- [17] 张文峰.淀粉/聚己内酯可生物降解塑料的研究[D].长沙:国防科学技术大学,2002.  
ZHANG Wen-feng. Study on the biodegradable plastic of starch and polycaprolactone[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2002.
- [18] Tokiwa Y, Calabia B P. Biodegradability and biodegradation of poly(lactide) [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2006, 72(2):244-251.
- [19] Sridewi N, Bhubalan K, Sudesh K. Degradation of commercially important polyhydroxyalkanoates in tropical mangrove ecosystem[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2006, 91(12):2931-2940.
- [20] 段义忠,张雄.生物可降解地膜对土壤肥力及马铃薯产量的影响[J].作物研究,2018,32(1):23-27.  
DUAN Yi-zhong, ZHANG Xiong. Influence of biodegradable mem-

- brane on soil fertility and potato yield[J]. *Crop Research*, 2018, 32(1): 23-27.
- [21] 李海萍, 周杨全, 靳拓, 等. 不同类型地膜降解特征及其对马铃薯产量的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(24): 36-40.  
LI Hai-ping, ZHOU Yang-quan, JIN Tuo, et al. Degradation characteristics of different mulch and the effect on potato yield[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(24): 36-40.
- [22] 孙涛. 有色和生物降解地膜覆盖对花生产量形成与土壤微环境的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.  
SUN Tao. Effects of covered with colored and biodegradable films on the soil condition and yield formation in peanut field[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2015.
- [23] 张宇, 王海新, 张鑫, 等. 全生物可降解地膜在花生栽培上的应用及其降解性能[J]. 辽宁农业科学, 2018(4): 13-16.  
ZHANG Yu, WANG Hai-xin, ZHANG Xin, et al. Research on peanut cultivation application effect and degradation degree of bio-degradable plastic film[J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2018(4): 13-16.
- [24] 赵彩霞, 何文清, 刘爽, 等. 新疆地区全生物降解膜降解特征及其对棉花产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(8): 1616-1621.  
ZHAO Cai-xia, HE Wen-qing, LIU Shuang, et al. Degradation of biodegradable plastic mulch film and its effect on the yield of cotton in Xinjiang region, China[J]. *Journal Agro-Environment Science*, 2011, 30(8): 1616-1621.
- [25] 张妮, 李琦, 侯振安, 等. 聚乳酸生物降解地膜对土壤温度及棉花产量的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(2): 114-119.  
ZHANG Ni, LI Qi, HOU Zhen-an, et al. Effects of polylactic acid-degradable film mulch on soil temperature and cotton yield[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2016, 33(2): 114-119.
- [26] 赵刚, 樊廷录, 党翼, 等. 旱塬区全生物降解地膜覆盖对冬小麦生长发育的影响[J]. 干旱区研究, 2019, 36(2): 339-347.  
ZHAO Gang, FAN Ting-lu, DANG Yi, et al. Effects of biodegradable plastic film mulching on the growth winter wheat on the Loess Plateau dryland[J]. *Arid Zone Research*, 2019, 36(2): 339-347.
- [27] 兰印超, 申丽霞, 李若帆. 不同地膜覆盖对土壤温度及水分的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(12): 120-126.  
LAN Yin-chao, SHEN Li-xia, LI Ruo-fan. Effects of different film mulching on soil temperature and moisture[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(12): 120-126.
- [28] 王淑英, 樊廷录, 李尚中, 等. 生物降解膜降解、保墒增温性能及对玉米生长发育进程的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(1): 127-133.  
WANG Shu-ying, FAN Ting-lu, LI Shang-zhong, et al. Property of biodegradable film degradation, water-retention and increasing soft temperature and its impact on maize growth and development process[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2016, 34(1): 127-133.
- [29] 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 Chang-rong, LIU En-ke, SHU Fan, 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.
- [30] 胡伟, 孙九胜, 单娜娜, 等. 降解地膜对地温和作物产量的影响及其降解性分析[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(2): 317-320.  
HU Wei, SUN Jiu-sheng, SHAN Na-na, et al. Effect of COPO degradable membrane on soil temperature and crop yield and analysis of its degradable characteristics[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2015, 52(2): 317-320.
- [31] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞, 等. 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.  
HE Wen-qing, YAN Chang-rong, ZHAO Cai-xia, et al. Study on the pollution by plastic mulch film and its countermeasures in China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2009, 28(3): 533-538.
- [32] 刘敏, 黄占斌, 杨玉姣. 可生物降解地膜的研究进展与发展趋势[J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 439-443.  
LIU Min, HUANG Zhan-bin, YANG Yu-jiao. A study on status and developmental trend of biodegradable plastic film[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(9): 439-443.
- [33] 康虎, 敖李龙, 秦丽珍, 等. 生物质可降解地膜的田间降解过程及其对玉米生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 54-58.  
KANG Hu, AO Li-long, QIN Li-zhen, et al. Effects of biodegradable mulch film by reusing biomass residue on degradation in field and corn growth[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(6): 54-58.
- [34] Li F M, Wang J, Xu J Z. Plastic film mulch effect on spring wheat in a semiarid region[J]. *Journal of Sustainable Agriculture*, 2005, 25(4): 5-17.
- [35] 申丽霞, 王璞, 张丽丽. 可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 111-116.  
SHEN Li-xia, WANG Pu, ZHANG Li-li. Degradation property of degradable film and its effect on soil temperature and moisture and maize growth[J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(4): 111-116.
- [36] 刘群, 穆兴民, 袁子成, 等. 生物降解地膜自然降解过程及其对玉米生长发育和产量的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(6): 126-129.  
LIU Qun, MU Xing-min, YUAN Zi-cheng, et al. Degradation of biodegradable mulch film and its effect on growth and yield of maize[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2011, 31(6): 126-129.
- [37] 侯慧芝, 吕军峰, 郭天文, 等. 西北黄土高原半干旱区全膜覆盖土穴播对土壤水热环境和小麦产量的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(19): 5503-5513.  
HOU Hui-zhi, LÜ Jun-feng, GUO Tian-wen, et al. Effects of whole field soil-plastic mulching on soil thermal-moisture status and wheat yield in semiarid region on northwest Loess Plateau[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(19): 5503-5513.
- [38] 何文清, 赵彩霞, 刘爽, 等. 全生物降解膜田间降解特征及其对棉花产量影响[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(3): 21-27.  
HE Wen-qing, ZHAO Cai-xia, LIU Shuang, et al. Study on the degradation of biodegradable plastic mulch film and its effect on the yield of cotton[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2011, 16(3): 21-27.