

# Mater-Bi 和 PBS 可生物降解膜降解特征及对加工番茄的影响

胡 伟, 邵 华 伟, 孙 九 胜, 王 新 勇

(新疆农业科学院 土壤肥料与农业节水研究所, 绿洲养分与水土资源高效利用重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830091)

**摘 要:**以 Mater-Bi 可生物降解地膜和自制 PBS 完全生物降解膜为试材, 通过覆膜和填埋试验探讨 2 种可生物降解膜在加工番茄农田中的降解特征和应用效果, 以实现生物降解地膜替代普通膜解决新疆农田残膜污染问题。结果表明: Mater-Bi 膜降解诱导期为 45 d 左右, PBS 诱导期为 30 d, 在农田填埋 90 d 后, Mater-Bi 的重量降解率为 96.3%, PBS 膜降解率为 44.45%, 二者在土壤中的生物降解性好; 2 种降解膜局部降解后, 膜下 0~25 cm 各土层的地温均小于普通膜, 以 Mater-Bi 黑色降解膜温度最低; 2 种降解膜提高了加工番茄的成熟度和单株果数, 但单果重和产量降低, Mater-Bi 膜处理产量降低 2.16%, PBS 膜处理减产 7.08%, 如果配套适宜的栽培措施并延长降解诱导期, 生物降解地膜的应用效果会更好。

**关键词:**可生物降解膜; 降解性; 地温; 加工番茄; 产量

**中图分类号:**F 767.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2014)22-0036-03

地膜覆盖技术在干旱区节水农业的发展中贡献巨大, 新疆地膜覆盖面积达  $3 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 地膜年使用量约 15 万 t, 但地膜残留已造成新疆严重的“白色污染”, 农田地膜残留量平均为  $70.2 \text{ kg/hm}^2$ , 棉田最高可达  $238.8 \sim 300.6 \text{ kg/hm}^2$  [1-2], 残膜已成为阻碍新疆农业可持续发展的瓶颈之一 [3]。

可生物降解地膜是从源头解决农膜污染的有效途径之一 [4], 其中以热塑淀粉为主要材料的 Mater-Bi 可生物降解薄膜因其良好的降解性能而广受好评 [5-6], 而 PBS (聚丁二酸丁二醇酯) 由于良好的生物降解性和成型加工性成为当今世界研究和开发的热点材料 [7], 新疆气候独特, 残膜污染最为严重, 在新疆农田环境中进行可生物降解膜的应用效果及降解性研究具有现实意义, 可为探索我国农田残膜污染治理途径提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

Mater-Bi 可生物降解地膜是 EVOH 相和淀粉相的物理交联网络高分子合金, 淀粉含量在 90% 以上, 由意

大利 Novamont SPA 公司生产, 黑色, 厚度为  $12 \mu\text{m}$ , 密度为  $1.2 \text{ g/cm}^3$ , 产品具有亲水性, 吸水后力学性能降低, 可被土壤微生物降解。自制 PBS 完全生物降解膜, 厚度为  $12 \mu\text{m}$ , 密度为  $1.26 \text{ g/cm}^3$ , 对照为市售的  $8 \mu\text{m}$  聚乙烯地膜 (PE)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 覆膜试验 地点设置在昌吉市二六工镇加工番茄地块中, 地膜宽度为 90 cm, 番茄种植模式为膜下滴灌宽垄一膜二行种植, 垄距 1.52 m, 移栽前机械铺膜, 试验面积  $1000 \text{ m}^2$ , 3 次重复。

1.2.2 填埋试验 先将 Mater-Bi 和 PBS 生物降解膜剪成面积  $40 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$  的小块, 万分之一电子天平称重备用, 在田间挖 25 cm 深的土坑, 将  $60 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  尼龙网兜平铺于坑中, 兜中垫 5 cm 厚细土后平铺地膜, 膜上覆 5 cm 土后扎好网兜口, 将坑填平进行正常的膜下滴灌, 3 次重复。

### 1.3 项目测定

地表降解率: 定点量取 2 m 长, 裸露膜面面积  $1 \text{ m}^2$ , 测量该区域内裂缝或孔洞的长度、数量。用曲管地温计测量不同深度土壤温度。重量降解率 (%) = (地膜初始重量 - 残留重量) / 膜的初始重量  $\times 100\%$ , 膜的重量采用万分之一电子天平测定。加工番茄测产: 每小区选取 3 m 长, 面积为  $4.56 \text{ m}^2$  样区, 统计果实重量和数量, 折算产量及单果重, 成熟度 (%) = (红果 + 黄果)  $\times 100\%$  / (红果 + 黄果 + 青果), 烂果率 (%) = 烂果数  $\times 100\%$  / 总

**第一作者简介:**胡伟 (1978-), 男, 湖南人, 硕士, 副研究员, 现主要从事土壤与植物营养等研究工作。E-mail: huwei334570@163.com.

**责任作者:**王新勇 (1961-), 男, 浙江人, 研究员, 现主要从事土壤与肥料等研究工作。E-mail: wxy838000@163.com.

**基金项目:**国际科技合作资助项目 (20116007)。

**收稿日期:**2014-07-14

果数。

## 2 结果与分析

### 2.1 降解膜田间裸露部分降解性研究

由表 1 可以看出,覆膜后第 22 天,2 种降解膜都出现细小圆形孔洞,Mater-Bi 处理平均的破损孔洞数量为 6.7 个,高于 PBS 处理的 3.3 个,此时二者孔洞直径几乎都小于 0.5 cm。至第 34 天,膜降解程度明显加剧,PBS 处理破损达到 10.0 个,甚至开始出现 1~5、5~10 cm

和≥10 cm 各种不同规格的裂纹,以 1~5 cm 为主,Mater-Bi 生物降解膜降解速度则平缓很多,仅出现 1.7 个 5~10 cm 的裂纹,小于 0.5 cm 的孔洞数量并未明显增加。覆膜 46 d 后,二者均出现大裂纹,PBS 处理大于 1~5、5~10 cm 和≥10 cm 的裂纹数量明显增加,分别达到 8.3、5.0、6.7 个,Mater-Bi 处理大于 5 cm 的裂纹平均只有 2.5 个,而大裂纹的出现直接影响到膜的保水保温性能,小于 0.5 cm 的小孔对覆膜功能几乎无影响。

表 1 不同覆膜天数下降解程度对比

Table 1 Comparison of degradation degree with different mulching days

覆膜天数 Film mulching/d	处理 Treatment	0~0.5 cm	0.5~1 cm	1~5 cm	5~10 cm	≥10 cm	破损总数 Total num of damaged/(个·m <sup>2</sup> )
22	PBS	3.3	0	0	0	0	3.3
	Mater-Bi	5.0	0	1.7	0	0	6.7
34	PBS	1.7	0.0	5.0	0.8	2.5	10.0
	Mater-Bi	6.7	0.8	0.0	1.7	0	9.2
46	PBS	0	0	8.3	5.0	6.7	20.0
	Mater-Bi	10.0	0	0	0.8	1.7	12.5

### 2.2 降解膜填埋处理降解性研究

在 6 月 3 日将新地膜进行填埋处理,填埋区同大田进行覆膜滴灌管理,填埋阻碍了光、氧降解作用,降解膜主要依赖土壤微生物进行降解。试验于填埋的第 45 天取样,每隔 15 d 取样 1 次,共取样 4 次。由图 1 可以看出,2 种降解膜的重量降解率均随填埋时间延长而增加,前期降解速度很快,而后速度放缓。Mater-Bi 膜降解率远高于 PBS 膜,第 45 天,PBS 膜降解率仅为 5.4%,而 Mater-Bi 膜已经达到 32.40%,至 60 d 时二者降解率分别达到 34.22%和 82.76%,至 90 d 时,PBS 膜上升至 44.45%,此时膜呈网状、絮状,对下茬作物也无影响,而 Mater-Bi 膜达到了 96.30%,绝大部分已看不到膜的特征,肉眼仅看到土壤粘附有黑色印渍(膜为黑色)。

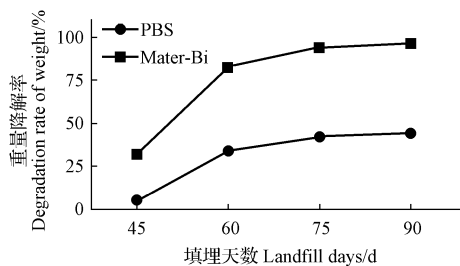


图 1 降解率随填埋时间的变化

Fig. 1 Degradation rate variation with landfill time

### 2.3 降解膜对膜下土壤温度的影响

覆膜 30 d 后,于 15:00 测量不同地膜对膜下土壤温度的影响,由图 2 可以看出,膜下温度随土层深度增加而逐渐降低,平均从 0 cm 的 27.33℃ 下降到 22.83℃。PE 膜下各土层温度明显高于 2 种降解膜,其中透光性差的 Mater-Bi 黑色膜的土壤温度最低;而 PBS 膜因降解已较为严重,膜下与外界发生气体对流,导致膜下 0 cm

的即时温度低于 5 cm 土壤温度 1.0℃,此时气温开始下降,但地温变化相对滞后;PE 和 Mater-Bi 膜膜面较为完整,减少了热量的散失,膜与地表间的气温高于 5 cm 地温,不同膜处理土壤 15 cm 及以下土层的温度差异小。

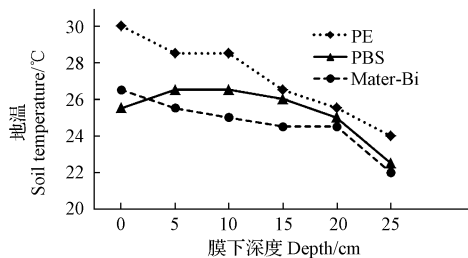


图 2 降解膜对膜下土壤温度的影响

Fig. 2 Effect of degradable film on soil temperature under film

### 2.4 降解膜对加工番茄产量的影响

各处理中,普通聚乙烯地膜处理加工番茄的成熟度(红果率)、烂果率和单株果数均最低,PBS 和 Mater-Bi 降解膜较 PE 膜的果实成熟度分别高 10.56 和 2.69 百分点,烂果率分别上升了 0.85 和 1.70 百分点,单株果数分别增加 4 个/株和 16 个/株。但 PE 膜的单果重和产量最高,2 种降解膜的番茄单果重比 PE 膜分别小 6.83 g 和 12.35 g,分别减产 6 691 kg/hm<sup>2</sup> 和 2 046 kg/hm<sup>2</sup>,减产率为 7.08%和 2.16%,Mater-Bi 膜处理加工番茄的减产幅度小于 PBS 处理。

表 2 加工番茄产量及果实质量分析

Table 2 Analysis of processing tomato yield and fruit quality

处理 Treatment	成熟度 Maturity /%	烂果率 Rotten fruit rate/%	单果重 Single fruit weight/g	单株果数 Fruit number per plant/个	产量 Yield /(kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率 Increasing rate/%
PE	83.37	1.17	53.13	95	94 521 a	—
PBS	93.93	2.02	46.30	91	87 830 b	-7.08
Mater-Bi	86.06	2.87	40.78	111	92 475 ab	-2.16

### 3 讨论与结论

Mater-Bi 膜的诱导期在上海崇明岛夏季为 60 d,秋季大于 75 d<sup>[8]</sup>,新疆加工番茄上 Mater-Bi 膜的诱导期为 45 d 左右,PBS 诱导期为 30 d 左右,对新疆农业地区而言,降解地膜的保水性越持久越好,如何通过栽培措施来弥补降解膜过早降解的不足尚有待研究。

据报道,可控堆肥 90 d,Mater-Bi 膜失重率高达 84.2%<sup>[8]</sup>,PBS 薄膜的降解率为 60.7%<sup>[9]</sup>。该试验填埋 90 d,二者重量降解率分别为 96.30%和 44.45%,可见 2 种膜在土壤中的生物降解性好。而 PBS 树脂疏水性强,结晶度高,故生物降解速率相对较慢,经共聚、共混改性后可明显改善<sup>[10]</sup>。因此,地表覆盖时降解偏早是 2 种可生物降解膜所面临的最大挑战。

2 种生物降解膜地面覆盖 46 d 内先后出现了降解,Mater-Bi 膜的降解相对平稳,以小于 0.5 cm 的圆孔为主,PBS 膜出现了较大的裂纹;在农田中填埋 90 d 后,Mater-Bi 膜的重量降解率最高达 96.3%,PBS 膜降解率为 44.45%,二者在土壤中的生物降解性好;2 种降解膜局部降解后,膜下 0~25 cm 土层的地温均小于普通膜,其中以 Mater-Bi 黑色降解膜处理最低;2 种降解膜对加工番茄产生不同影响,提高了果实的成熟度和单株果数,但单果重和产量降低,Mater-Bi 生物降解膜处理产量与普通膜相当,仅减产 2.16%,差异不显著,PBS 生物降解膜处理减产达到 7.08%。

### 参考文献

- [1] 李斌,王吉奎,蒋蓓.新疆棉区残膜污染及其治理技术[J].农机化研究,2012(5):228-233.
- [2] 曾贵芳,刘士惠,徐艳丽.博乐地区农田残膜污染调查及治理措施[J].农村科技,2013(6):20-21.
- [3] 王鹏,曹卫彬,张鹏.新疆兵团残膜机械化回收现状分析[J].农机化研究,2013(9):237-243.
- [4] 胡晓兰,梁国正.生物降解高分子材料研究进展[J].化工新型材料,2002(3):7-10.
- [5] Rosa D S,Carvalho C L,Gaboardi F. Evaluation of enzymatic degradation based on the quantification of glucose in thermoplastic starch and its characterization by mechanical and morphological properties and NMR measurements[M]. Polymer Testing, In Press.
- [6] Da Róz A L,Carvalho A J F,Gandini A. The effect of plasticizers on thermoplastic starch compositions obtained by melt processing[J]. Carbohydrate Polymers,2006,63(3):417-424.
- [7] 李成涛,张敏,欧阳亮,等.聚丁二酸丁二醇酯(PBS)生物降解过程对植物生长的影响评价[J].生态环境学报,2011,20(1):181-185.
- [8] 顾海蓉,沈根祥,黄丽华,等.热塑淀粉 Mater-Bi 可生物降解地膜的适用性与降解性能研究[J].农业环境科学学报,2009,28(3):539-543.
- [9] 赵剑豪,王晓青,曾军,等.聚丁二酸丁二醇酯及聚丁二酸/己二酸丁二醇酯在微生物作用下的降解行为[J].高分子材料科学与工程,2006,22(2):137-140.
- [10] 孙桂香,罗勇,陆平晔.生物降解 PBS 聚酯的改性研究进展[J].高分子通报,2011(2):102-108.

## Mater-Bi and PBS Biodegradable Membrane Degradation Characteristics and Influence on Processing Tomato

HU Wei,SHAO Hua-wei,SUN Jiu-sheng,WANG Xin-yong

(Institute of Soil and Fertilizer and Agricultural Water-saving,Xinjiang Academy of Agricultural Sciences,Key Laboratory of Oasis Nutrient and Efficient Utilization of Water and Soil Resources,Urumqi,Xinjiang 830091)

**Abstract:** Using Mater-Bi which is biodegradable film and PBS film which is completely biodegradable film as test materials, effect of landfill and film mulching test on the degradation characteristics and application in processing tomato farmland were discussed, in order to realize the biodegradable film instead of the ordinary film to solve the problem of Xinjiang agricultural plastic film pollution. The results showed that, the Mater-Bi membrane degradation of the induction period was about 45 days, the PBS induction period was 30 days, after 90 days landfilled in the fields, degradation rate weight of Mater-Bi was 96.3%, PBS membrane degradation rate was 44.45%, both had good biodegradability in soil; After partial degradation of two kinds degradable film, the temperature of the 0—25 cm soil layer was less than ordinary film, Mater-Bi black degradable film temperature was the lowest; two kinds of degradable film enhanced the maturity and fruit number per plant of the processing tomato, but the single fruit weight and yield decreased, yield reduced by 2.16% of Mater-Bi membrane treatment, PBS treatment decreased by 7.08%, if matching the suitable cultivation measures and prolonging the degradation of the induction period, application effect of biodegradable mulch film would be better.

**Keywords:** biodegradable membrane; degradation; soil temperature; processing tomato; yield