

# 生物降解膜对黄土旱塬玉米产量 及水分利用效率的影响

王磊<sup>1,2</sup>, 樊廷录<sup>3</sup>, 赵刚<sup>1,2</sup>, 党翼<sup>1,2</sup>, 徐静<sup>4</sup>, 王文俊<sup>5</sup>, 李尚中<sup>1,2</sup>, 张建军<sup>1,2</sup>  
(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070; 4. 山东农业大学化学与材料科学学院, 山东 泰安 271018; 5. 浙江大学化学工程学院, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 研究黄土旱塬不同厚度生物降解地膜对作物产量和水分利用效率的影响, 为黄土旱塬区生物降解地膜应用提供参考依据。采用 0.006、0.008、0.010 mm 3 种厚度的生物降解地膜, 以裸地为对照, 测定不同处理土壤水分、植株性状、产量和水分利用效率等指标。结果表明, 生物降解地膜厚度减薄会显著降低地膜对水分的保蓄能力, 覆膜后 150 d, 0.006 mm 生物降解地膜单株叶面积小于裸地, 0.008、0.010 mm 生物降解地膜单株叶面积较裸地分别增加 20.2%、22.2%。覆膜后 120 d, 0.006、0.008 mm 生物降解地膜叶片 SPAD 值与裸地没有明显差异, 0.010 mm 生物降解地膜叶片 SPAD 值较裸地增加 4.2%。生物降解地膜厚度对春玉米产量和水分利用效率有显著影响, 生物降解地膜越厚, 春玉米产量和水分利用效率越高, 但 0.008、0.010 mm 生物降解地膜在产量和水分利用效率上没有显著差异。

**关键词:** 生物降解地膜; 厚度; 春玉米; 产量; 水分利用效率; 黄土旱塬

**中图分类号:** S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2022)01-0062-04

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2022.01.012

## Effects of Biodegradable Mulching Films on Maize Yield and Water Use Efficiency in the Loess Plateau

WANG Lei<sup>1</sup>, FAN Tinglu<sup>3</sup>, ZHAO Gang<sup>1,2</sup>, DANG Yi<sup>1,2</sup>, XU Jing<sup>4</sup>, WANG Wenjun<sup>5</sup>, LI Shangzhong<sup>1,2</sup>, ZHANG Jianjun<sup>1,2</sup>

(1. Dryland Agriculture Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Gansu Provincial Key Laboratory for Efficient Utilization of Water Resources in Dry Farming Region, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 4. College of Chemistry and Material Science, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018, China; 5. Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

**Abstract:** To investigate the effects of biodegradable mulching films with different thickness on crop yield and water use efficiency (WUE), and to provide reference for the application of biodegradable mulching film in the Loess Plateau. Soil moisture, plant traits, yield and water use efficiency were measured with three different thicknesses of biodegradable plastic film (0.006 mm, 0.008 mm and 0.010 mm) used and bare ground as the control. The results showed that the thinning of biodegradable plastic film could significantly reduce the water retention capacity of plastic film. After 150 days of mulching, the leaf area per plant of 0.006 mm biodegradable mulching film was less than that of bare ground, the leaf area per plant of 0.008 mm and 0.010 mm biodegradable mulching film was 20.2% and 22.2% higher than that of bare ground, respectively. When mulching with plastic film for 120 days, the SPAD values of leaves in 0.006 mm and 0.008 mm biodegradable plastic film mulching were not significantly different from that of bare ground, and the SPAD value of leaves in 0.010 mm biodegradable plastic film mulching was increased by 4.2% compared with the control. The thickness of biodegradable mulch had a significant effect on maize yield and water use efficiency. The thicker the biodegradable mulch, the higher the maize yield and water use efficiency, but there was no significant difference between 0.008 mm and 0.010 mm biodegradable mulch in yield and water use efficiency.

**Key words:** Biodegradable mulching film; Thickness; Spring maize; Yield; Water use efficiency; Loess Plateau

收稿日期: 2022-10-17

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFD1900700、2016YFB0302402、2021YFD1100500); 甘肃省重大专项(21ZD4NA022); 国家现代农业产业技术体系(CARS-02-55); 甘肃省农业科学院重点研发计划项目(2022GAAS38)。

作者简介: 王磊(1982—), 男, 甘肃高台人, 副研究员, 主要从事作物抗逆绿色栽培及水分高效利用研究工作。  
Email: qyzlwl@163.com。

旱作区农业生产受水分条件影响, 地膜覆盖能有效保持土壤水分、蓄积降水补充作物生长、蒸散等对土壤水分的消耗<sup>[1-2]</sup>。但普通聚乙烯地膜具有良好化学稳定性, 在农田中难以自然降解, 造成农田土壤环境污染、影响作物生长等负面效应<sup>[3-4]</sup>。生物降解地膜因在自然环境中可短时间内降解而受到广泛的研究和应用。大量研究表明, 生物降解地膜覆盖与普通聚乙烯地膜覆盖相比产量相近, 在提高土壤水分方面虽低于普通聚乙烯地膜, 但能够满足作物生长的需要<sup>[5-6]</sup>。但生物降解地膜成本较高, 0.010 mm 厚度生物降解地膜价格是同等规格普通聚乙烯地膜的 2~3 倍, 显著增加了生产成本。如何通过适宜的方式, 降低生物降解地膜的使用成本, 成为生物降解地膜应用推广面临的重要问题。有研究表明<sup>[7-9]</sup>, 0.006 mm 厚度生物降解地膜覆盖与 0.010 mm 厚度生物降解地膜产量没有显著差异, 在部分区域可较裸地和普通聚乙烯地膜具有增产效应。因此, 我们通过不同厚度生物降解地膜对黄土旱塬春玉米产量及水分利用效率的影响研究, 以期为黄土旱塬区春玉米生产中生物降解地膜的应用推广提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2019 年 4—9 月在甘肃省镇原县上肖镇国家农业环境镇原野外观测实验站(107° 39' E, 35° 30' N, 海拔 1 292 m)进行。试验区处于西北旱作农业种植区, 多年平均降水量为 522.2 mm, 降水 50% 以上集中在 7—9 月份。年平均温度为 9.1 °C,  $\geq 0$  °C 年积温 3 400 °C, 无霜期 167 d。土壤为黑垆土, 0~40 cm 土层土壤含有有机质 12.8 g/kg、全氮 0.88 g/kg、速效氮 97.6 mg/kg、速效磷 11.4 mg/kg、速效钾 211.7 mg/kg。

### 1.2 试验材料

供试生物降解地膜以由浙江大学改性研制的 PBAT 为主成分, 由山东农业大学依据甘肃省农业科学院旱地农业研究所多年实地试验及观测数据调整配方生产提供, 地膜幅宽均为 120 cm, 厚度分别为 0.006、0.008、0.010 mm。指示玉米品种为当地主栽品种先玉 335。

### 1.3 试验设计

试验设 4 个处理, 分别为裸地(CK)及 0.006 mm (T1)、0.008 mm(T2)、0.010 mm(T3)3 种不同厚度生物降解地膜覆盖处理, 小区面积为 33 m<sup>2</sup>(5.0 m × 6.6 m)。试验于 2019 年 4 月 11 日覆膜, 沿地

膜中线每隔 30~50 cm 打渗水孔。生物降解地膜膜面降解进程见表 1。

表 1 生物降解地膜膜面降解进程

处理	d		
	覆膜至诱导 天数	覆膜至破裂 天数	覆膜至崩解 天数
T1	15	32	51
T2	23	46	70
T3	39	61	82

## 1.4 测定项目及方法

1.4.1 叶面积测定 每小区在有代表性区域选择连续 5 株植株, 挂牌标记, 在覆膜后 70、100、120、150 d 测定展开绿叶面积, 叶面积 = 叶长 × 叶宽 × 系数(0.75), 将单株叶片叶面积累加得到单株叶面积。

1.4.2 SPAD 值测定 每小区在有代表性区域选择连续 10 株植株, 挂牌标记, 在覆膜后 70、100、120 d 使用日本产 SPAD-502 型叶绿素仪测定功能叶 SPAD 值, 每片叶测定 3 次, 取平均值作为该植株叶片 SPAD 值。

1.4.3 土壤水分测定 按照 20 cm 土层为 1 层, 于 2019 年 4 月 23 日、2019 年 9 月 5 日使用土钻由地表向下依次取 0~300 cm 土壤水分, 采用烘干法测定土壤含水量, 并计算土壤贮水量。

土壤含水量 = [(湿土质量 - 烘干土质量) / 烘干土质量] × 100%

土壤贮水量 = 土壤含水量 × 土壤容重 × 土层深度

1.4.4 农艺性状、产量及水分利用效率 植株成熟后, 每小区选取 10 株测定株高、穗位高、穗长、秃尖长、穗粒数、穗粗。每小区取 25 株测定产量, 随机取样测定百粒重 5 次重复, 使用 PM-8188A 谷物水分仪测定籽粒含水量。使用水分平衡方程计算耗水量。

水分利用效率(WUE) = 籽粒产量 / 耗水量

## 1.5 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2010 和 DPSv9.5 数据分析软件对试验数据进行整理、统计和方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物降解地膜厚度对土壤水分的影响

由图 1 可知, 覆膜后 13 d, 降水量为 30.2 mm, 处理 T3 0~100 cm 土层土壤平均含水量为 17.4%, 较 CK、处理 T1、T2 增加 1.2~2.0 百分点。覆膜后 147 d, 0~60 cm 土层各处理间土壤含水量变化较小, 土壤含水量各处理间差异显著, 呈现 T3 > T2 > T1、CK 的变化趋势; 60~140 cm

土层处理 CK、T1、T2、T3 平均土壤含水量分别为 14.4%、14.2%、15.6%、17.1%；140 cm 以下土层土壤含水量各处理间变化较小，处理 CK、T1、T2、T3 平均土壤含水量分别为 14.9%、15.1%、14.6%、13.5%。可见，生物降解地膜厚度减薄可以显著降低地膜对水分的保蓄能力，在旱作区过薄的生物降解地膜随着膜面降解进行，对水分的保蓄能力逐渐趋近于裸地。

### 2.2 生物降解地膜厚度对春玉米单株叶面积和叶片 SPAD 值的影响

春玉米单株叶面积和叶片 SPAD 值均随着生物降解地膜厚度的增加而增加(表 2、表 3)。随着春玉米生育进程，地膜覆盖对单株叶面积的影响呈先增大后减小趋势，处理 T1 单株叶面积随生育进程而逐渐接近于 CK。覆膜后 70 d，处理 T2、T3 单株叶面积显著高于 CK，处理 T1 与 CK 没有显著差异，与 CK 相比，处理 T1、T2、T3 单株叶面积分别增加了 7.7%、29.0%、127.2%。覆膜后 100 d，生物降解地膜覆盖各处理与 CK 单株叶面积差异缩小，处理 T1、T2 与 CK 没有显著差异，处理 T3 与其余处理差异显著。覆膜后 150 d，处理 T1 单株叶面积小于 CK 但差异不显著，处理 T2、T3 较 CK 分别增加 20.2%、22.2%。

覆膜后 70 d，叶片 SPAD 值处理 T1 与 CK 没有显著差异，处理 T2 和处理 T3 较 CK 显著差异，增加 9.3%和 16.0%；覆膜后 100 d，各生物降解地膜覆盖叶片 SPAD 值均与 CK 相比没有显著差异；覆

表 2 不同厚度生物降解地膜覆盖春玉米的单株叶面积 m<sup>2</sup>

处理	地膜覆盖天数/d			
	70	100	120	150
CK	0.169 c	0.702 b	0.782 b	0.410 b
T1	0.182 bc	0.736 b	0.814 b	0.407 b
T2	0.218 b	0.780 b	0.839 b	0.493 a
T3	0.384 a	0.869 a	0.909 a	0.501 a

表 3 不同厚度生物降解膜覆盖春玉米的叶片 SPAD 值

处理	地膜覆盖天数/ d		
	70	100	120
CK	51.6±4.4 c	60.1±1.4 a	60.3±3.8 b
T1	53.2±3.7 bc	60.6±4.4 a	60.4±4.3 b
T2	56.4±2.2 ab	62.2±4.2 a	62.6±3.8 ab
T3	59.9±3.0 a	62.2±4.9 a	64.5±2.9 a

膜后 120 d，T1 处理和 T2 处理叶片 SPAD 值与 CK 差异不显著，T3 处理较 CK 显著增加 7.0%。

### 2.3 生物降解地膜厚度对春玉米农艺性状的影响

由表 4 可知，与 CK 相比，生物降解地膜覆盖对春玉米株高、穗位高、穗粒数、秃尖长、穗粗和穗长没有显著影响，而处理 T1 的穗位高和穗粒数、处理 T3 穗粒数较 CK 有不同程度降低。处理 T2 和 T3 的百粒重显著高于 CK，分别较 CK 增加 8.5%和 14.9%，处理 T1 与 CK 差异不显著。整体来看，生物降解地膜覆盖使株高、穗位高、百粒重、穗长较 CK 平均增加 1.8%、1.0%、9.8%、4.3%，穗粒数、穗粗较 CK 平均减少 5.4%、0.1%。

### 2.4 生物降解地膜厚度对春玉米产量及水分利用效率的影响

由表 5 可知，生物降解地膜厚度对春玉米产量和水分利用效率有显著影响，随着生物降解地膜厚

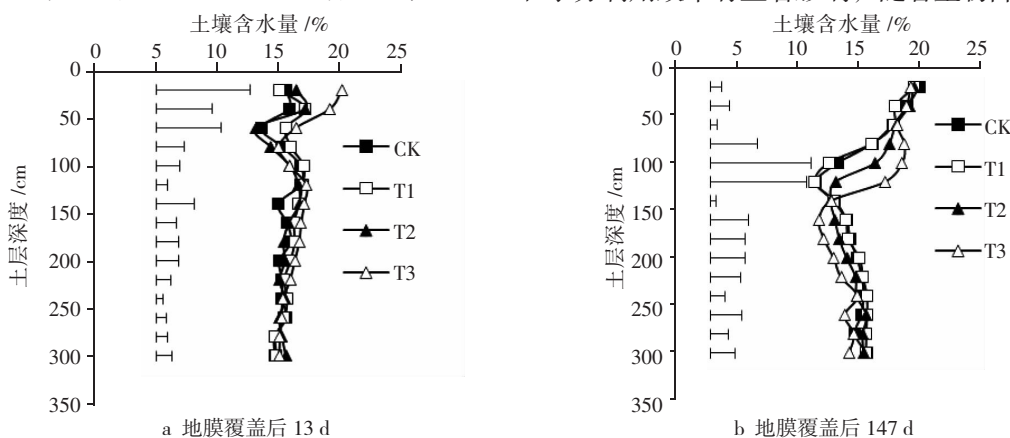


图 1 不同厚度生物降解地膜覆盖 0~300 cm 土层垂直剖面土壤水分变化

表 4 不同厚度生物降解地膜覆盖春玉米的农艺性状

处理	株高 /cm	穗位高 /cm	百粒重 /g	穗粒数 /粒	秃尖长 /cm	穗粗 /cm	穗长 /cm
CK	329.8±11.4 a	126.1±8.4 a	29.6±1.1 c	630.5±28.0 a	1.0±0.3 a	4.9±0.1 a	18.8±0.5 a
T1	333.8±7.6 a	124.8±5.2 a	31.4±1.2 bc	625.4±13.8 a	1.0±0.1 a	4.8±0.1 a	19.4±0.7 a
T2	337.5±5.3 a	129.5±4.6 a	32.1±0.9 ab	632.3±20.5 a	1.0±0.3 a	4.8±0.1 a	19.7±0.6 a
T3	336.0±6.8 a	127.8±4.9 a	34.0±0.8 a	617.5±11.5 a	0.9±0.5 a	4.8±0.1 a	19.8±0.5 a

度的增加呈增加趋势,但随地膜厚度的增加,产量和水分利用效率增加幅度减小。处理 T1 较 CK 产量增加 10.4%,水分利用效率提升 9.9%。处理 T2 较处理 T1 产量增加 3.6%,水分利用效率提升 6.7%。处理 T3 较处理 T2 产量增加 1.7%,水分利用效率提升 0.3%。说明在旱作区生物降解地膜覆盖能够起到增加产量、提升水分利用效率的作用,但过薄的生物降解地膜增产和水分利用效率提升作用较小。

表 5 不同厚度生物降解地膜覆盖春玉米的产量及水分利用效率

处理	产量 /(kg/hm <sup>2</sup> )	较CK增产 /%	WUE /[kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)]	较CK增加 /%
CK	794.9±25.0 c		2.72	
T1	877.2±27.4 b	10.4	2.99	9.7
T2	908.4±11.9 ab	14.3	3.19	17.0
T3	923.5±12.2 a	16.2	3.20	17.6

### 3 讨论与结论

生物降解地膜由于生物降解特性和一定的保温保墒效果和具有环境生态效应,被作为普通聚乙烯地膜减量、替代产品<sup>[10-11]</sup>,但随着环境温度升高蒸发蒸散增大、植株生长发育完全蒸腾作用提高,降低了土壤水分<sup>[12]</sup>。生物降解地膜覆盖在作物生长前期能够提高土壤水分<sup>[13]</sup>,随着生物降解地膜膜面降解,土壤-大气水热交换通畅,土壤水分与裸地逐渐接近<sup>[8]</sup>。本研究表明,生物降解地膜厚度对土壤水分有显著影响,厚度为 0.006、0.008 mm 生物降解地膜在覆盖初期表层土壤含水量低于 0.010 mm 厚度生物降解地膜,而与裸地相当,覆盖后期 0.008 mm 和 0.010 mm 生物降解地膜 60~140 cm 土层土壤水分较 0.006 mm 有较大提升。玉米生长后期植株叶片功能衰退和降解地膜覆盖功能降低,是降解地膜产量降低的原因之一<sup>[14]</sup>。本研究中随着春玉米生育进程,生物降解地膜覆盖对单株叶面积的影响逐渐减小,随着生物降解地膜厚度的增加,单株叶面积不同程度增加。0.006 mm 生物降解地膜叶片 SPAD 与裸地没有显著差异,0.008 mm 生物降解地膜在覆膜 70 d 时叶片 SPAD 显著高于裸地,随着生育进程和膜面降解,叶片 SPAD 与裸地逐渐接近,0.010 mm 生物降解地膜覆膜 70 d 和 120 d 时均显著高于裸地,100 d 时与裸地无显著差异。本研究表明,生物降解地膜越厚春玉米产量和水分利用效率越高,但 0.008 mm 生物降解地膜和 0.010 mm 生物降解地膜在产量和水分利用效率上没有显著差异。

综上所述,在旱作区春玉米生物降解地膜覆

盖种植中,要选择适宜厚度的生物降解地膜材料,0.008 mm 生物降解地膜在春玉米产量和水分利用效率提升方面能够起到与 0.010 mm 生物降解地膜相近的作用,过薄的生物降解地膜覆盖功能期较短,在作物生育后期会失去覆盖功能,对作物生产的促进作用有限。

### 参考文献:

- [1] 樊廷录,李永平,李尚中,等.旱作地膜玉米密植增产用水效应及土壤水分时空变化[J].中国农业科学,2016,49(19):3721-3732.
- [2] 樊廷录,李尚中.旱作覆盖集雨农业探索与实践[M].北京:中国农业科学技术出版社,2017.
- [3] 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.
- [4] 杜晓明,徐刚,许端平,等.中国北方典型地区农用地膜污染现状调查及其防治对策[J].农业工程学报,2005(S1):225-227.
- [5] 王斌,万艳芳,王金鑫,等.PBAT型全生物降解地膜对南疆马铃薯产量及土壤温湿度与养分的影响[J].西北农业学报,2020,29(1):35-43.
- [6] 马明生,郭贤仕,柳燕兰,等.7种黑色全生物降解地膜性能测试及对旱地马铃薯的影响[J].甘肃农业科技,2019(5):47-52.
- [7] 阎晓光,李洪,董红芬,等.可降解地膜覆盖对土壤水热及春玉米产量的影响[J].中国农学通报,2018,34(33):32-37.
- [8] 刘森,邸树峰,樊超,等.新型生物降解地膜降解性能及对玉米生长的影响[J].黑龙江农业科学,2022(9):31-36.
- [9] 王斌,万艳芳,王金鑫,等.PBAT型全生物降解地膜对南疆棉花和玉米产量及土壤理化性质的影响[J].农业环境科学学报,2019,38(1):148-156.
- [10] 程万莉,王磊,王淑英,等.不同生物降解膜对土壤质量的影响[J].甘肃农业科技,2018(5):27-31.
- [11] 王磊,樊廷录,党翼,等.玉米地膜复合覆盖栽培技术[J].甘肃农业科技,2022,53(5):81-83.
- [12] WANG Y, JIA X, OLASUPO I O, et al. Effects of biodegradable films on melon quality and substrate environment in solar greenhouse[J]. Science of The Total Environment, 2022, 829: e154527.
- [13] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜对土壤、温度水分及玉米生长发育的影响[J].农业工程学报,2011,27(6):25-30.
- [14] 孟玉,王振华,李文昊,等.降解膜覆盖对滴灌玉米土壤水温变化及其生长的影响[J].西北农业学报,2021,30(2):192-202.