

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

刘 群¹, 穆兴民^{1,2}, 袁子成¹, 高 航¹, 张 睿³

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 可降解地膜是解决常规塑料地膜引起的白色污染的有效途径。通过试验研究了生物降解膜自然降解过程及其对玉米生长的影响。研究结果表明: (1) 生物降解膜降解 60 和 100 d 后的降解率分别为 1.26% 和 1.91%, 而且降解率随着时间的延长而增加; (2) 生物地膜在降解前与普通地膜在提高土壤温度方面有着一致的效果, 其增温效应与普通膜没有明显的差异; (3) 较 CK 处理, 覆盖生物膜时玉米穗上叶、穗位叶和穗下叶叶面积分别增加了 10.83%, 9.38% 和 7.94%, 可以促进玉米的生长发育进程; (4) 生物膜具有极显著的增产作用, 比 CK 处理增产 18.7%, 但增产效果与普通膜之间差异不显著。

关键词: 生物降解膜; 玉米; 土壤温度; 产量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)06-0126-04

中图分类号: S316

Degradation of Biodegradable Mulch Film and Its Effect on Growth and Yield of Maize

LIU Qun¹, MU Xing-min^{1,2}, YUAN Zi-cheng¹, GAO Hang¹, ZHANG Rui³

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Using biodegradable films are an efficient approach to reduce the white pollution by traditional plastic film which could remain in soils for hundred years. The degradation characteristics of biodegradable mulch films and its effect on the growth of maize were analyzed and tested. The results indicated that: (1) The degradation percentage of biodegradable mulch films was 1.26% within 60 days and 1.91% within 100 days respectively, and the remained film degraded greatly afterward. (2) No obvious difference has been detected between biodegradable and the common plastic films in the effect on the increase of the soil temperature. (3) The biodegradable mulch film could increase the leave area evidently, and 10.83%, 9.38% and 7.94% increase has been observed above, at and below the corncob respectively, which would improve the growth. (4) The yield with degradable film mulching was about 18.7% higher than that without film mulching, but there are no obvious difference between it and the plastic film.

Keywords: biodegradable mulch film; maize; soil temperature; yield

地膜覆盖栽培具有显著提高地温、增强光照、保水抗旱等多种功能,使作物能充分有效地利用光热资源和水分条件,从而获得早熟、高产、优质的良好效果^[1]。但是,普通地膜难以在自然条件下降解,大量使用会造成严重的“白色污染”,使用可降解地膜是解决“白色污染”的有效途径^[2]。根据引起降解的客观条件和机理不同,降解地膜可分为光降解地膜、生物

降解地膜和光/生物降解地膜 3 种类型^[3]。由于生物降解地膜具有原料丰富^[4],储存运输方便,能完全自然降解等优点,因而可有效解决地膜的环境污染问题^[5]。目前,对于可生物降解地膜的研究还处于试验阶段,尤其对于生物降解膜的降解过程及降解程度的评价缺乏标准,本试验通过地膜质量损失率以及其力学、光学等性能的变化来研究生物膜在玉米地的自然

收稿日期:2011-01-17

修回日期:2011-05-09

资助项目:浙江海正化工股份有限公司资助项目“一种新型可降解地膜应用效果研究试验”

作者简介:刘群(1987—),男(汉族),湖南省涟源市人,硕士研究生,研究方向为流域管理。E-mail:cmarking@163.com。

通信作者:穆兴民(1961—),男(汉族),陕西省华阴市人,研究员,博士生导师,主要研究方向为生态水文学。E-mail:xmmu@ms.iswc.ac.cn。

降解进程,同时与普通地膜进行比较,研究生物降解地膜的保墒、增温、增产效果,为生物降解地膜的推广应用以及地膜覆盖技术的可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用降解膜采用浙江海正化工股份有限公司生产的生物可降解地膜,普通膜处理采用陕西省扶风县秦兴塑料制品有限责任公司生产的农用地膜,主要成分为聚乙烯。玉米品种为郑单 958。

试验在陕西杨凌西北农林科技大学北校区农作物试验站进行,土壤质地为中壤土,试验地前茬为休闲地。

1.2 试验处理及方法

试验共设计 3 个处理即覆盖普通聚乙烯地膜,覆盖生物降解地膜和不覆膜(CK),4 个重复;小区面积为 46.8 m²(13 m×3.6 m)。每小区播种前基肥施肥量 N 160 kg/hm²,P₂O₅ 150 kg/hm²,K₂O 150 kg/hm²,氮肥 40%和全部磷肥与钾肥做底肥一次施入,在小喇叭口期追施 60%氮肥。2010 年 4 月 6 日铺膜,4 月 10 日播种,行距 60 cm,株距 30 cm,于铺膜 60,100 d 后量取 60 cm×60 cm 生物膜进行清洗并称重,测量其不同时期的降解率。同时,在玉米的苗期、拔节期(大喇叭口期)和成熟期测量膜下 5,10,15,20 和 25 cm 土层土壤温度;并在抽雄期测量玉米的主要功能叶(穗位叶、穗上叶、穗下叶)叶面积及净光合速率。在 8 月 28 日收获,并进行考种和测定产量。地膜重量用 1/10 000 高精度电子天平测量,土壤温度用角质温度计测量,净光合速率用 6400 光合仪测量。采用塑料薄膜拉伸性能试验仪测量地膜拉伸强度。根据塑料薄膜拉伸性能试验方法(GB—13022),地膜拉伸强度以(MPa)表示,计算公式为:

$$\sigma_t = \frac{P}{bd}$$

式中: *p*——断裂负荷(N); *b*——试样宽度(mm);
d——试样厚度(mm)。

2 结果与分析

2.1 生物膜的降解效果

2.1.1 地膜重量变化 通过对自然降解 60 和 100 d 后的地膜进行处理、称重,由表 1 可以看出,全新的生物降解地膜在降解 60 d 后单位面积地膜的降解率(质量损失率)为 1.26%,降解 100 d 后达到了 1.91%,说明供试验用的可降解生物膜降解效果随着覆膜时间的增加,降解率提高。同时,对于已经在地

表降解两个月的生物降解膜作埋土处理,60 d 后的降解率为 1.75%,降解 100 d 后降解膜的降解率高达 4.55%,表现出更快的降解性能。因此,对于可降解生物地膜,即使当季作物没有完全降解,当地膜被翻耕到土壤层内后,也能尽快降解。但是,普通聚乙烯地膜无论降解 60 d 还是 100 d,其降解率均为负值,表明普通聚乙烯地膜均没有降解的迹象,其重量负变化可能是由于清洗地膜等操作误差引起的。

表 1 不同处理地膜的降解效果比较

处 理	降解时长/d	降解率/%
全新生物膜	60	1.26 ^{bb}
全新生物膜	100	1.91 ^{bb}
降解两个月的生物膜	60	1.75 ^{bb}
降解两个月的生物膜	100	4.55 ^{aa}
普通膜	60	-1.01 ^c
普通膜	100	-1.19 ^c

注:表中数据采用新复极差法检验;同列数据后不同小写字母表示在 *p*<0.05 水平差异显著;同列数据后不同大写字母表示在 *p*<0.01 水平差异显著。下同。

2.1.2 拉伸强度的变化 生物降解地膜接触土壤后力学性能下降很快,降解 100 d 后,其纵向拉伸强度减少了 6.62 MPa,降解时长为 140 d 后,纵向拉伸强度进一步变弱,只有铺膜前的 27.5%,但横向拉伸强度变化不大,降解 140 d 才减少了 3.95 MPa,表明该生物膜主要是通过纵向破裂等力学性能的变化达到裂解的效果(表 2)。

表 2 生物膜拉伸强度变化值

拉伸强度/MPa	铺膜前	降解 100 d 后	降解 140 d 后
横 向	22.09 ^a	20.88 ^a	18.14 ^b
纵 向	10.69 ^{aa}	4.07 ^{bb}	2.94 ^{cb}

2.1.3 生物膜表面物理特征的变化 2010 年 4 月 9 日铺膜,铺膜 60 d 后,生物膜在土块凸起或杂草生长处出现了少量的纵向裂纹,长度为 2~8 cm,颜色和原来透明反光白色效果接近;降解 100 d 后,地膜沿以前的小裂纹大块裂开,纵向裂纹数量增多,颜色由原来透明反光效果强的白色,变成了透明和反光效果差的白色;到成熟期玉米收获后,地膜裂成为块状,轻拉即可沿纵向裂开,但横向仍然具有一定的拉伸强度,地膜颜色较以前更暗,反光效果很差,同时有些裂解的小块已和土壤粘在一起,用手或木棍轻碰即碎。

2.2 地膜覆盖对土壤温度的影响

2.2.1 不同生育时期土壤温度的效应 土壤温度是作物生长环境因子优劣的重要综合表征指标^[6]。由表 3 可以看出,生物降解膜与普通地膜覆盖对土壤均

有明显的增温效应,增温效果表现为:普通地膜>生物降解膜。同时,在玉米不同生育期,地膜覆盖对土壤的增温效应不同。在玉米出苗前,地膜覆盖有明显的增温效应,5 cm 土层处普通膜和生物降解膜覆盖的地温比 CK 分别高 8.6 和 7.0 ℃,在苗期和拔节期,普通膜增温变幅为 2.5~12.1 ℃,生物降解膜增

温变幅为 3.3~11.3 ℃。对于普通膜覆盖和生物降解膜覆盖,增温效应都有随着土层深度的增加而减小的趋势,在 20 cm 以下的深层土壤,增温效应不再显著。在成熟期,由于生物降解膜大部分都破裂或降解,其增温效应已不再明显,但普通聚乙烯地膜仍然具有与生长前期相似的增温规律。

表 3 不同土层不同覆膜处理的增温值

℃

时 间	处 理	土层深度/cm (10:00 am)					土层深度/cm (14:00 pm)				
		5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
20100426	普通膜	—	—	—	—	—	+8.6	+9.1	+5.6	+4.9	+3.4
	生物膜	—	—	—	—	—	+7.0	+7.5	+4.7	+3.9	+2.8
	CK	—	—	—	—	—	26.2	20.1	17.4	14.9	14.0
20100501 (苗期)	普通膜	+2.5	+4.2	+3.1	+3.6	+3.5	+5.6	+5.6	+4.7	+4.3	+3.9
	生物膜	+3.3	+3.9	+2.9	+3.3	+2.3	+4.6	+4.0	+3.3	+3.3	+2.2
	CK	24.8	17.9	16.8	16.0	16.4	36.6	27.4	22.2	18.7	17.7
20100529 (拔节期)	普通膜	+4.7	+3.5	+2.8	+2.9	+2.8	+12.1	+7.5	+6.2	+4.8	+3.4
	生物膜	+6.2	+3.7	+2.7	+3.0	+1.8	+11.3	+7.6	+4.5	+3.7	+2.1
	CK	27.3	22.1	20.2	19.3	19.6	37.0	29.7	25.2	22.2	21.1
20100626 (成熟期)	普通膜	+1.3	+0.6	+1.8	+1.0	+1.2	+6.0	+5.7	+2.8	+1.1	+1.1
	生物膜	-0.4	-0.2	+0.3	+0.9	+0.1	+0.0	+0.9	+1.8	+0.1	+0.2
	CK	26.1	23.4	22.0	21.6	21.8	33.0	27.8	25.0	24.0	22.9

2.2.2 不同天气温度日变化 在拔节期,通过对比不同天气(5月29日晴天和5月30日阴天)5 cm 土层土壤温度的日变化(图1—2),发现不同天气对地膜覆盖的增温作用具有明显的影响。

从图1可以看出,晴天地膜覆盖后的5 cm 表层土层升温迅速,增温显著,降温迟缓,高温持续时间长,体现出较大地增温作用;阴天地膜覆盖后的5 cm

土层于CK并没有体现出类似晴天地膜覆盖的增长曲线,仅表现出平稳的保温作用。但无论在晴天还是阴天,由于降解膜在低温下具有增温的作用,但其效果小于普通膜,在高温下降解膜却具有明显降低土表地温的作用。两者都表现出在上午生物降解膜处理的土温比普通膜处理的高,而在下午普通膜处理的土温比生物降解膜高。

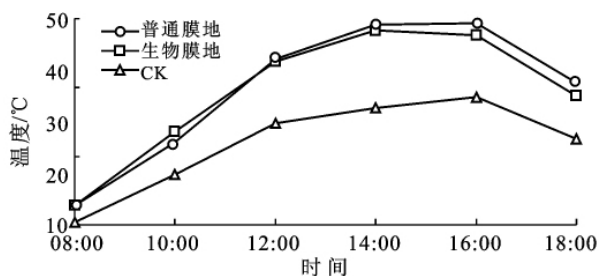


图 1 晴天 5 cm 土层温度日变化

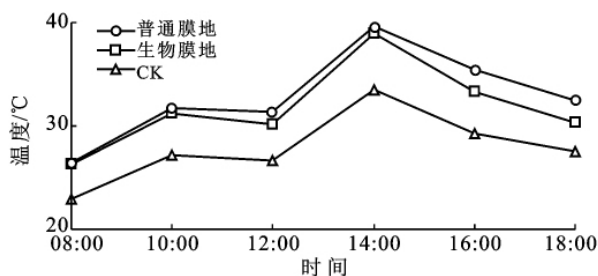


图 2 阴天 5 cm 土层温度日变化

2.3 对玉米主要功能叶面积和光合强度的作用

从表4可以看出,在抽雄期,覆盖生物膜处理穗上叶、穗位叶、穗下叶叶面积较CK分别增加了10.83%,9.38%和7.94%,普通膜处理较CK处理分别增加9.66%,9.83%和8.44%,两者没有明显差异,都能显著增加玉米主要功能叶的叶面积;处理之间功能叶净光合速率没有明显差异,CK处理的净光合速率高于覆膜处理,主要是由于覆膜处理促进玉米提前成熟所致。

2.4 对玉米经济性状和产量的影响

从表5可以看出,3种处理对玉米秃顶率和出籽率没有明显差异,但地膜覆盖能显著提高玉米的单产,增加千粒重,覆盖普通膜和生物膜较CK分别提高产量1523.04和1613.37 kg/hm²,增产率分别为18.7%和17.7%。各处理产量多重比较的结果表明,覆盖地膜具有极显著增产效果,覆膜处理之间差异不显著。

表 4 不同处理叶面积及净光合速率比较

处 理	叶面积/cm ²			净光合速率/(μmol·s ⁻¹ ·m ⁻²)		
	穗上叶	穗位叶	穗下叶	穗上叶	穗位叶	穗下叶
普通膜	600.14 ^{aA}	690.01 ^{aA}	743.93 ^{aA}	21.89 ^a	20.24 ^a	20.26 ^a
生物膜	606.51 ^{aA}	687.13 ^{aA}	740.47 ^{aA}	22.56 ^a	22.22 ^a	20.56 ^a
CK	547.24 ^{bB}	628.20 ^{bB}	685.98 ^{bB}	23.34 ^a	22.56 ^a	23.79 ^a

表 5 不同处理产量和经济性状比较

处 理	产量/(kg·hm ⁻²)	千粒重/g	结实长度/cm	秃顶长度/cm	秃顶率/%	籽粒出产率/%
普通膜	10 145.44 ^{aA}	352.78 ^{aA}	15.45 ^a	0.54 ^a	3.32 ^a	88.34 ^a
生物膜	10 235.77 ^{aA}	353.33 ^{aA}	15.85 ^a	0.57 ^a	3.38 ^a	88.44 ^a
CK	8 622.40 ^{bB}	332.03 ^{bB}	14.81 ^b	0.56 ^a	3.64 ^a	88.26 ^a

3 结 论

(1) 通过生物地膜覆盖的玉米试验,表明覆膜生物膜能使玉米增产 18.7%,略高于普通地膜的增产率 17.7%。说明覆盖生物膜对玉米具有极显著的增产效果,与普通膜之间差异不显著,这一结果与王星^[7] 乔海军^[8] 等研究结果相一致。

(2) 在玉米的苗期、拔节期生物地膜和普通地膜的保温效果基本相同,到后期,由于生物地膜的破裂和降解,其保温效果不再明显,说明生物地膜在降解前与普通地膜在提高土壤温度方面,有着一致的效果。

(3) 生物膜覆膜能显著增加玉米功能叶叶面积,促进玉米的生长生育进程,使玉米提前成熟,其作用和普通膜没有明显差异。

(4) 生物膜的降解主要体现在质量及其力学、光学等性能的变化,随着铺膜时间的增加,生物膜的质量损失率逐渐增加,其横向拉伸强度逐渐变弱,到玉米成熟后破裂或降解成块状和土粒粘在一起,用手或木棍轻碰即碎。

(5) 本研究通过对生物地膜的质量损失率、拉伸强度和地膜表面特征进行了大量的观测,但由于试验

时间等影响,至于该降解膜以后是否会彻底降解,还有待继续观察研究,同时膜的降解产物或残留物对土壤等环境的影响等也需要进一步加强研究,进而探讨生物降解地膜的降解机理。

[参 考 文 献]

[1] 严昌荣,何文清,梅旭荣,等.农用地膜的应用与污染防治[M].北京:科学出版社,2010.

[2] 张文群,金继续,孙昭容,等.降解膜残片与土壤耕层水分运动[J].土壤肥料,1994(3):12-15.

[3] 黎先发.可降解地膜材料研究现状与发展[J].塑料,2004,19(4):76-81.

[4] 王宁,马涛.淀粉基可降解塑料的研究现状与展望[J].农产品加工学刊,2007(1):43-45,50.

[5] 陈和生,孙振亚.生物降解塑料的研究进展[J].塑料科技,2000,138(4):36-39.

[6] 巩杰.旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[D].甘肃兰州:甘肃农业大学,2002.

[7] 王星,吕家珑,孙本华.覆盖可降解地膜对玉米生长和土壤环境的影响[J].农业环境科学学报,2003,22(4):397-401.

[8] 乔海军,黄高宝,冯福学,等.生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,10(5):71-75.