

生物降解地膜对玉米生长的影响及其田间降解状况

赵爱琴 李子忠 龚元石

(中国农业大学 资源环境学院,北京 100094)

摘要 生物降解地膜可以有效解决白色污染问题,本试验观察生物降解地膜在田间的降解状况及作物的生长,研究了它对玉米生长的影响。结果表明:生物降解地膜从地膜边缘开始降解,由小孔洞逐渐大块裂开,到作物收获时,暴露在地表的地膜全部降解,而埋土部分和根系周围降解缓慢;玉米苗期和拔节期用降解地膜覆盖土壤贮水量可以比裸地增加3倍和1倍,保墒效果较好,抽雄期后土壤贮水量降低到播种期贮水量之下,保墒作用越来越弱;玉米生育前期,生物降解地膜可以提高地温 $0.41 \sim 0.9$,到中后期增温作用不明显;生物降解地膜覆盖使玉米提前10d成熟并增加了产量,但与普通膜相比差异不显著。

关键词 生物降解地膜;玉米;田间降解

中图分类号 TS 236.9

文章编号 1007-4333(2005)02-0074-05

文献标识码 A

Effects of biodegradable mulch film on corn growth and its degradation in field

Zhao Aiqin, Li Zizhong, Gong Yuanshi

(College of Resource and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract The biodegradable film application can escape from plastic pollution on environment. This experiment studied the effect of biodegradable mulch film on corn growth and its degradation in field. The results showed that the film edge began to be degraded, changing from small holes into big pieces, and finally completely decomposed at crop harvest. The buried pieces in soil and around crop root were also gradually degraded. Soil water-storing capacities at seedling and jointing stages were three and once times higher under mulching condition than that without mulching respectively. However, the effect of conserving water through mulching decreased after silk stage. Soil water-storing capacity fell below the level of the sowing stage. Comparing with non film covering, soil temperature under the film mulching increased by $0.41 \sim 0.9$ at early stage of corn growth, but no difference afterwards. Similar as plastic film mulching, corn with the degradable film mulching had 10 days early of maturation stage and higher yield than that with non mulching cultivation.

Key words biodegradable mulch film; corn; degradation

地膜覆盖种植具有增温、节水、早熟、增产等作用^[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,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。光降解地膜埋土部分无法降解,降解速率很难准确控制,故应用受到一

定限制;光/生物降解地膜不过是加速了地膜中能降解部分的降解过程,不能解决根本问题^[3]。只有生物降解地膜可有效解决地膜的环境污染问题^[4]。生物降解地膜可在自然环境中通过微生物的生命活动而降解,其在土壤中降解的关键是看土壤中是否存在分解该聚合物的微生物种类,以及聚合物的表面结构和组分^[5];同时,其降解还受其他环境因素

收稿日期:2004-12-03

基金项目:农业部农业结构调整重大专项(2002-11-03A)

作者简介:赵爱琴,硕士研究生;李子忠,副教授,主要从事农业水资源管理,E-mail:ZiZhong@cau.edu.cn

制约。目前对生物降解地膜的研究尚处于试验阶段,其价格较高,力学性能和耐水性较差^[6]。本试验采用的生物降解地膜,其预售价格与塑料和降解膜相当。这种地膜中淀粉/变性淀粉/脂肪族聚酯/助剂组合合理,力学性能和耐水性较普通淀粉膜有较大改善。本研究拟通过与普通地膜的对比试验研究生物降解地膜的保墒、增温、增产效果,及田间降解状况。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究为与南京环绿降解塑料公司的合作项目。生物降解膜由该公司提供,由 50% (质量分数,全文同) 淀粉、30% 聚乙烯醇及其他助剂组成。普通膜,市售,主要成分为聚乙烯。供试作物玉米,品种农大 108。

试验于 2003 年在中国农业大学昌平试验站进行,土壤类型为砂姜潮土,土壤表层 20 cm 为黏壤土。

1.2 试验方案

试验处理为覆盖降解膜、覆盖普通膜(对照 1)和裸地(对照 2),各 3 次重复,共 9 个小区。试验小区长 6 m、宽 5 m;每条地膜长 660 cm、宽 80 cm。

播种前先整地,施足基肥(每小区磷酸二胺 30 kg、尿素 25 kg)后,于 2003-04-24 日播种并覆膜。玉米地每 2 行覆 1 条膜,膜两边用土压紧。玉米行距 58 cm,株距 30 cm。每个小区中央埋设 120 cm 时域反射仪(TDR)探针 1 根,作物生育期内测定 0~15、15~30、30~60、60~90 和 90~120 cm 土层土壤平均体积含水量,每 2 d 测定 1 次,每个小区 10 cm 土层处埋设热敏电阻地温计 1 根,每隔 2 d 测定 1 次地温;玉米苗期(每 7 d 调查 1 次)和主要生育期(隔 10 d 调查 1 次),记录膜的降解情况。9 月 2 日作物收获后,测定产量和室内考种。

2 结果与分析

2.1 降解地膜的田间降解

普通膜在作物生长后期因老化而破裂,但并未发生降解,生物降解膜的降解情况见表 1。从地膜的降解过程看,作物苗期降解较快。可能由于铺膜时膜边缘拉得较紧或者受到光的强烈照射以及风吹等因素的影响。地膜覆盖 20 d(作物苗期)时边缘首先出现 2~3 cm 的小洞,之后在雨水冲打下沿着小

洞向周围破裂;33 d 时,地膜已经裂成块状,韧性减小。之后地膜在雨水作用下粘于土面,逐渐变薄,到作物收获时畦面地膜全部降解。埋土部分仍有少量残留,但是其韧性和机械性能已大为减弱,在进一步降解,原因可能是由于畦面水分和温度条件较好,而埋土部分地膜处温度较低,因蒸发土壤水分较低,不利于降解。

表 1 不同地膜降解情况

Table 1 Degradation of biodegradable mulch film

覆膜时间/d	生长期	降解情况
20	苗期	地膜边缘破洞多,直径 2~3 cm
28	苗期	从孔洞延伸,部分大块裂开
33	苗期	继续细碎、变脆,无韧性
40	拔节期	碎块粘于土面
70	抽雄期	降解不明显,慢慢变薄
118	成熟期	地表无明显膜片残留

2.2 降解地膜保墒效果

玉米生育期内总降水量为 245.54 mm,各生育期降水量见表 2。可以看出,在玉米生长需水的高峰期抽雄期降水量最高,为 123.94 mm,占玉米全生育期内降水量的 51%;苗期比较耐旱,需水少,但降水量较高,为 77.64 mm,占全生育期总降水量的 31%;从拔节期起需水量增加,然而此时降水量小于苗期,为 40.83 mm,占生育期总降水量的 17%;成熟期虽然需水减少,但仍比苗期多,降水量最低,为 3.13 mm,只占生育期内总降水量的 1%。由此可见,玉米生育期内降水量分配不均,而通常玉米一生获得的降水量不包括底墒水不得少于 375 mm,如果低于此值,即使在底墒很好的条件下播种,籽粒和秸秆产量也显著减少^[7]。所以有必要运用地膜尽可能地保持土壤水分,充分利用降水。

为便于比较各处理的保墒效果,将各个生育期 1 m 土层的贮水量减去播种期贮水量得到土壤贮水量的增加量,结果见表 2。可以看出,苗期和拔节期,土壤贮水量都有明显增加,之后,随着生育期的延长,各处理土壤贮水量均有减小趋势。

苗期植株小,蒸腾量小,土壤裸间蒸发是水分散失的主要因素。地膜覆盖可以有效地控制裸间蒸发。因而,在降解膜和普通膜覆盖下土壤保存了较多的降水,降解膜覆盖下贮水量增加了 26.4 mm,是裸地增加量的 3 倍,而普通膜贮水量增加量达 43.7 mm,是裸地的 5 倍。说明降解膜起到了一定的保墒

表2 各生育期0~100 cm土层土壤贮水量的增量

Table 2 Increment of soil water storage capacity at 0~100 cm soil layer during corn growth stage mm

处理	苗期 (05/02— 06/06)	拔节期 (06/06— 07/01)	抽雄期 (07/01— 08/12)	成熟期 (08/12— 09/02)
裸地	9.76	19.5	-21.06	-68.65
降解膜	26.49	26.74	-18.45	-44.91
普通膜	43.75	50.15	8.98	1.09

注:苗期、拔节期、抽雄期、成熟期降雨量分别为77.64、40.83、123.94和3.13 mm。

作用,但不如普通膜。拔节后茎、叶生长最快,植株蒸腾加大,蒸腾成为耗水的主要因素。覆膜条件下植株茎和叶面积都大于裸地,使蒸腾大于裸地,因此与苗期相比,降解膜条件下土壤贮水量只增加了0.25 mm,普通膜只有6.4 mm,裸地却增加了9.7 mm。由于膜的保墒作用,覆膜条件下土壤贮水量仍高于裸地,降解膜贮水增加量为26.7 mm,是裸地的1.3倍;普通膜增加量为50.2 mm,是裸地的2.5倍,说明降解膜仍然具有保墒作用,但不如普通膜。抽雄期尽管降水很多,占到整个生育期降水量的51%,由于这是玉米耗水量最大的时期,土壤贮水量呈负值或增加很少。降解膜的降解作用使贮水量比播种期低18.4 mm,普通膜没有破裂贮水量比播种期多8.9 mm,比降解膜多约27 mm。即使到成熟期,其贮水量仍比降解膜多约50 mm。说明随着玉米生育期的延长,降解膜的保墒作用也越来越弱。

综上所述,降解膜在苗期和拔节期都表现出较好的保墒作用,随着膜的降解,其保墒性逐渐降低。在玉米整个生育期内,其保墒作用不如普通膜。

2.3 降解地膜对地温的影响

1) 降解地膜日间的调温作用。

为了解地温的日变化情况,在2003年6月24日8:30—19:30间观测了土壤10 cm温度,测定间隔为每小时(图1)。

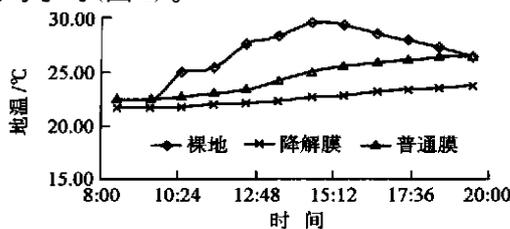


图1 覆膜地温日变化曲线(6月24日)

Fig. 1 Daily change of soil temperature (on June 24)

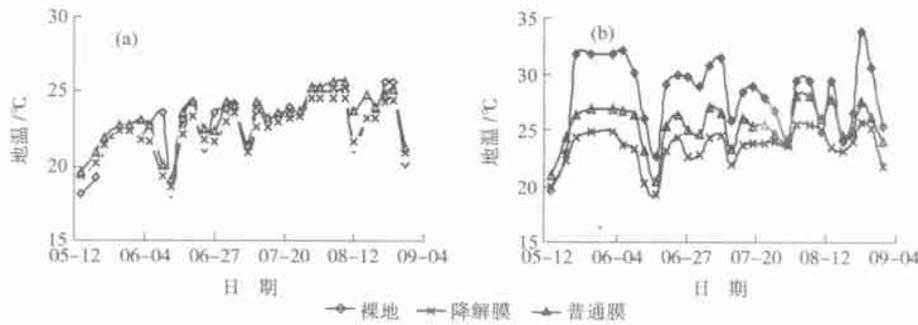
从图1可以看出,白天降解膜处理下地温始终处于上升趋势,变化程度不如普通膜处理,而裸地的地温呈先升后降的趋势。早晨8:00多气温低,降解膜地温比裸地高0.50,普通膜比裸地高1.40,覆盖地膜具有保温性,但降解膜的保温效果不如普通膜。随着气温逐渐上升,裸地的地温变化幅度达到约8.00,而覆膜的地温受气温影响较小,地温缓慢上升,尤其降解膜透光性差,太阳辐射透过量少,故地温上升更加缓慢,在测定时间内地温变化幅度只有2.00,低于普通膜3.90。由此可见,降解膜增温效应不及普通膜,但在高温下表现出来的降温效果较优于普通膜,且土温变化幅度亦小于普通膜。从3个处理下地温达到最大值的时间来看,覆盖地膜表现出明显的滞后效应。裸地中午15:00前达到了最大值27.90,普通膜和降解膜覆盖下最高地温都出现在下午18:00之后,明显滞后于裸地最高温出现时间。

早晨的气温较低,覆膜起到了保温作用,但还不是非常明显。中午的气温较高,各处理对地温的影响最大,降解膜能使地温大幅度降低。为了进一步分析降解膜对地温的影响,有必要对生育期内地温的动态变动做进一步的研究。

2) 在生育期内降解地膜对地温的调节作用。

从图2(a)可以看出,苗期早晨不同处理下地温为普通膜>裸地>降解膜。5月中下旬早8:00,气温较低,降解膜最高在5月19日增温0.90,最低在5月27日增温0.41,体现出低温下的增温作用,但其效果小于普通膜。从5月30日气温上升,降解膜表现出高温下的降温作用,6月3日比裸地地温低0.18,而此时普通膜仍然保持其增温作用,比裸地温度高1.17。早晨温度稍有降低,降解膜就表现出保温作用,6月13日和8月12日降解膜地温比裸地分别高0.46和0.53。

图2(b)给出了玉米生育期内中午14:00地温的动态变化,5月14日气温还较低,14:00降解膜和普通膜分别比裸地地温高0.26和1.30,覆膜起到了保温作用。随着气温上升,裸地温度上升快,5月19日降解膜比裸地地温低0.70。之后,降解膜覆盖可以使地温降低最大8.47,最小0.10,显示出了降低土表温度的明显作用。普通膜覆盖下地温也低于裸地,但是温度最大差3.14,与降解膜相比,其降温作用低3.40。由此可见,普通膜的降温作用远不及降解膜。



(a) 8:00 时的地温 (b) 14:00 时的地温

图 2 玉米生育期内地温变化

Fig. 2 Changes of soil temperature during corn growth period

降解膜在苗期的前期表现出了低温下的增温作用,高温下的降温作用^[8]。早晨温度低时降解膜能使土表温度增加,但是效果不如普通膜;在玉米拔节后增温作用不明显,而普通膜仍然表现出较好的增温性;降解膜在气温高时有降低土壤温度的作用,而且效果要好于普通膜。

2.4 不同处理下作物生物学性状及产量性状比较

1) 降解膜覆盖对作物生长及玉米植株性状的影响

响。表 3 表明由于玉米出苗时降解膜一定的保墒增温作用,使玉米提前 4 d 进入拔节期,提前 10 d 成熟。从图 3 也可以看出,降解膜覆盖下玉米的株高在各个生育期都高于裸地,与普通膜差异不明显;拔节期降解膜覆盖玉米叶片生长迅速,叶面积指数大于其他 2 个处理,抽雄期之后普通膜覆盖下叶片生长比降解膜快,叶面积指数增大。

表 3 不同处理玉米生育期天数比较

Table 3 Time-course of corn growth stages among the different treatments

处理	出苗期		拔节期		抽雄期		成熟期		生育期	
	日期	提前天数	日期	提前天数	日期	提前天数	日期	提前天数	时间	提前天数
裸地	05-02		06-10		07-04		08-22		118	
降解膜	05-02	0	06-06	4	07-01	3	08-12	10	108	10
普通膜	05-02	0	06-06	4	07-01	3	08-12	10	108	10

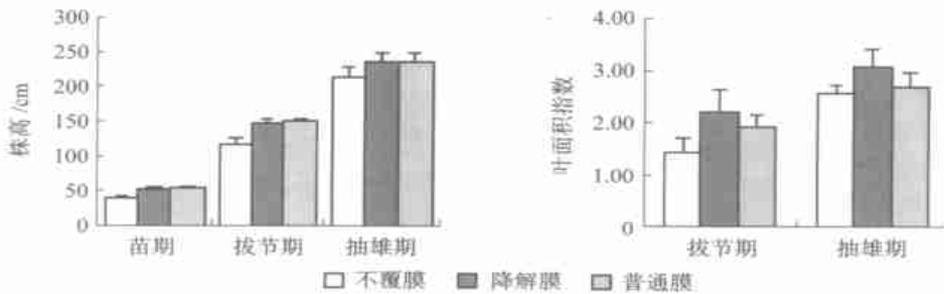


图 3 不同处理株高和叶面积指数比较

Fig. 3 Comparisons of plant height and leaf area index among the different treatments

2) 不同处理对作物产量的影响。表 4 中覆膜玉米穗长小于裸地,但是穗较粗,秃顶少,穗行数和行粒数多。对产量分析表明,各处理差异不显著。这

可能是由于玉米生育期间雨水较多,且覆膜时气温已经回升,虽然地膜表现出了增温保墒作用,但是其优势发挥不充分,造成各处理差异不显著。

表4 不同处理的玉米产量比较

Table 4 Comparison of corn yield with the different treatments

处理	穗长/ cm	穗粗/ cm	秃顶长 度/cm	秃顶率/ %	穗行数	行粒数	籽粒出产 率/ %	产量/ (kg·hm ²)
裸地	21.76	4.88	3.53	16.21	16	32	83.60	7 636.35 a
降解膜	20.25	5.02	2.57	12.72	17	33	85.53	7 758.45 a
普通膜	20.60	4.97	2.24	10.86	17	35	84.29	8 363.40 a

注:a表示 $P < 0.05$ 时的差异显著

3 结论与讨论

3.1 结论

1)从地膜降解过程看,玉米苗期地膜边缘开始破裂,降雨可以加快其降解,随着生育进程地膜逐渐变薄。收获时,大部分地膜完全降解,根系周围和埋土部分地膜未完全降解但降解趋势明显。

2)降解膜在苗期和拔节期起到了与普通膜类似的保墒性,随着地膜的降解,保墒效果逐渐减小。在整个生育期中,降解膜低温下增温,高温下降温的作用明显。增温作用小于普通膜,降温作用高于普通膜。

3)从作物生长情况看,降解膜覆盖使玉米生育期提前,植株较高,叶面积指数较大,但和普通膜相比产量差异不显著。

3.2 讨论

本文对地膜降解的观察是定性的,只是通过统计孔洞的大小、数量等确定降解的程度,这也是目前常用的方法,虽然失重率等定量研究方法受环境因素的影响较大在田间使用具有一定的难度,但是进一步的定量研究是必需的。对于降解机理的研究,目前是一个难点,例如生物降解地膜在降解过程中,生物因素和非生物因素各占多大比例等问题,需要开展深入的研究工作进行探索。目前,笔者通过室内试验,测定失重率、微生物的活动等指标,定量研

究生物降解地膜在土壤中的降解过程并试图探索其降解机理,希望能获得有意义的结果。虽然生物降解地膜可以在保墒、调节温度和保证产量的基础上,有效地解决“白色污染”问题,但是其力学性能、耐水性以及降解时效性、可控性等方面仍需进一步的提高,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。

参 考 文 献

- [1] 王耀林. 地膜覆盖栽培技术大全[M]. 北京:农业出版社,1988. 35 - 41
- [2] 张文群,金维续,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] 陈明周. 浅谈影响甘蔗光降解地膜降解的因素[J]. 甘蔗糖业,2000,3:15 - 21
- [4] 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
- [5] 陈代绩,张树华,陈磊. 非淀粉型可控光生物降解地膜的研究开发[J]. 辽宁化工,1997,26(6):308 - 315
- [6] 邱威扬,邱贤华,王飞镛. 淀粉塑料[M]. 北京:化学工业出版社,2002. 24
- [7] 山东省农业科学院玉米研究所编著. 玉米生理[M]. 北京:农业出版社,1987. 340
- [8] 樊小林,廖宗文. 地膜覆盖土壤水热效应及降解特性研究初报[J]. 华南农业大学学报,1999,20(1):120 - 122