文章编号:1672 - 3317(2017)12 - 0025 - 06

氧化生物双降解地膜覆盖对玉米田间水热及产量的影响

刘 蕊[1]，孙仕军[1]，张旺旺[1]，陈志君[1]，张旭东[1]，朱昆仑[2]

（1.沈阳农业大学 水利学院，沈阳 110866；2.山东天壮环保科技有限公司，济南 250110）

摘 要:以东北地区覆膜玉米为试验对象,设置了氧化生物双降解地膜(M1)、普通地膜(M2)及裸地(CK)3种处理的田间试验,研究了氧化生物双降解地膜覆盖对玉米田间土壤温度、贮水量及产量的影响。结果表明,在苗期和拔节期,氧化生物双降解地膜覆盖距地表5、10、15、20和25 cm深度处的土壤温度均明显高于普通地膜和裸地,在抽雄—成熟期,各处理间土壤温度没有明显差异。玉米全生育期内,M1处理土壤贮水量明显高于M2处理,2个处理在整个生育期内变化趋势一致,田间0～60 cm土层土壤贮水量表现为M1处理>M2处理>CK。此外,M1处理下玉米出苗率为99.5%,比M2处理和CK分别高8.5%和16.2%;氧化生物双降解地膜覆盖处理下玉米产量最高,比M2处理和CK分别高出6.8%和35.2%。研究成果可为今后氧化生物双降解地膜替代普通地膜及其推广使用提供科学依据。

关 键 词:氧化生物双降解地膜;土壤温度;土壤水分;玉米产量;雨养农业

中图分类号:S513 **文献标志码**:A doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.12.005

刘蕊,孙仕军,张旺旺,等. 氧化生物双降解地膜覆盖对玉米田间水热及产量的影响[J]. 灌溉排水学报,2017,36(12):25-30.

0 引 言

地膜覆盖在减少土壤无效蒸发、提高土壤温度、促进作物生长发育、提高作物产量和降水利用效率等方面具有显著效果[1-4]。使用地膜覆盖种植技术以来,该技术在我国得到了大力推广,据统计,我国每年地膜平均使用量已达120万t以上,覆盖面积超过0.23亿hm^2,涉及棉花、玉米、花生和大蒜等40多种农作物,且继续呈增长趋势。但地膜在促进田间作物生长、提高产量的同时,也带来了一系列难以回避的问题,特别是残膜余留问题对农田的生态环境造成了极大的破坏[5-9]。为解决这些问题,众多学者、科研机构和有关企业开始加强对可降解地膜的研发工作,试图为普通聚乙烯地膜找到一种适用的替代品,使其既能保留普通塑料地膜的优点,又能有效减小对农田生态环境的破坏。何增国等[10]在内蒙古地区的试验表明,可降解地膜对玉米生育期、产量及土壤水分的影响与普通地膜区别不大,但在生育后期对地表温度的影响较大。杨玉姣等[11]通过玉米盆栽试验发现,可降解膜能够明显提高土壤温度、提前生育期,可以代替普通地膜进行使用。根据降解条件和机理不同,可以将降解地膜分为光降解地膜、生物降解地膜和光-生物降解地膜(双降解地膜)等若干类型。其中,氧化生物双降解生态地膜综合利用了氧化降解和生物降解技术,可以根据不同作物的生育期需求,通过添加不同剂量添加剂进行降解调控。有研究表明,氧化生物双降解地膜降解效果显著,降解后残膜碎片继续起到一定的增温、保墒作用[12]。东北地区于2012年开展的“节水增粮”项目,使地膜覆盖种植面积在东北得到进一步的扩大,但一般多采用普通聚乙烯地膜,其对生态环境的影响成为该地区农业发展不容忽视的问题,在东北地区推广可降解地膜是有效缓解残膜余留问题的可行之路。

兹以东北雨养区玉米为研究对象,分析氧化生物双降解地膜覆盖对其土壤温度、水分及产量的影响,为探讨双降解地膜在东北玉米种植区的适用性提供理论依据。

收稿日期:2017-06-07

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(201303125);国家自然科学基金项目(51609137);国家留学基金资助项目(201308210026);辽宁省教育厅项目(2009A630)

作者简介:刘蕊(1993-),女。硕士研究生,主要从事农业节水方面研究。E-mail:981779956@qq.com

通信作者:孙仕军(1969-),男。硕士生导师,博士,主要从事农业节水和水资源综合利用方面研究。E-mail:sunshijun2000@yeah.net

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2016年5－9月在沈阳农业大学水利学院综合试验场（123°27′ E，41°44′ N）进行，该试验场位于沈阳市东部，属温带大陆性季风气候，冬季寒冷干燥，夏季高温多雨。全年雨量较为充足，主要集中在7—8月。试验区土质为潮棕壤土，分布均匀，在该地区具有典型代表意义。0～100 cm土层平均土壤体积质量为1.49 g/cm^3，田间持水率为0.38 cm^3/cm^3，凋萎系数平均值为0.18 cm^3/cm^3。试验期间平均地下水埋深为4.5 m左右，2016年降水量为874.4 mm各月降水分布见图1，其中生育期降水量637.0 mm，占全年降水量的72.8%。根据历史降水频率分析，2016年降水频率为15.1%（丰水年）。

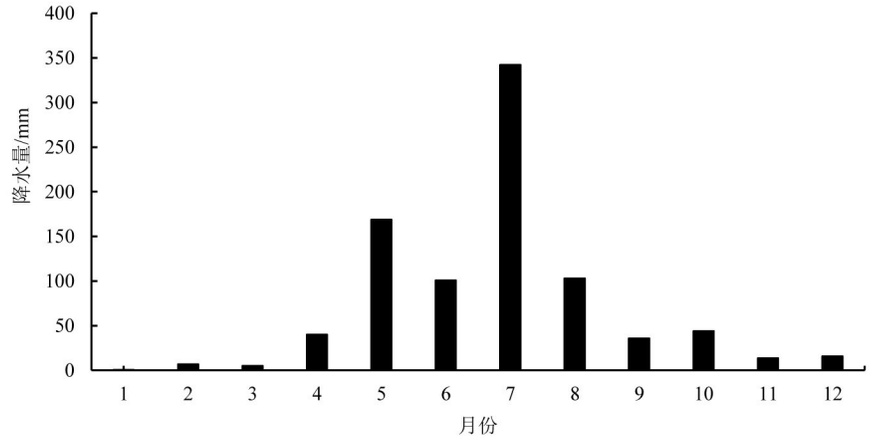


图1 2016年试验区各月降水量分布

1.2 供试材料与试验设计

供试作物为春玉米，品种选用辽沈地区耐密新品种“良玉777”。采用大垄双行种植，垄台行距40 cm，大垄间距80 cm。种植密度为75 000 株/hm^2，设置氧化生物双降解地膜（M1）、普通聚乙烯地膜覆盖（M2）和裸地（CK）3种处理（试验用地膜样品及其相应规格如表1所示，氧化生物双降解地膜由山东天壮环保科技有限公司提供）。每个处理设置3个重复，采用完全随机区组排列布置，每个小区面积14.4 m^2（3.6 m×4 m），含3条耕作垄，试验小区四周设有玉米保护行。播种后0~40 d为苗期，40 d后进行拔节期，70 d后进入抽雄期，5月8日人工播种，喷洒除草剂并覆盖地膜。在试验期间作物生长完全利用自然降雨，属雨养农业。

表1 试验地膜品种和规格

序号	地膜编号	地膜规格
1	氧化生物双降解地膜（M1）	90 cm×0.004 mm
2	普通聚乙烯地膜（M2）	110 cm×0.008 mm

1.3 测定项目及方法

1）土壤温度测定。温度测定选用套组曲管地温计，于播种后插埋于各个试验小区，埋深分别为5、10、15、20和25 cm，每日14:00对各组地温计数值进行记录（苗期、拔节期和抽雄期每日06:00和18:00加测）。并在玉米的每个生育期内分别选择1 d，记录当日06:00－18:00期间每隔2 h的各土层土壤温度。

2）土壤含水率。采用TDR（时域反射仪）进行测定，测定时间为1周测1次，雨前雨后加测，测定深度为0～60 cm，每10 cm为1个土层进行测定。

3）土壤贮水量W计算式为：

$$W = \sum W_S \times \gamma_i \times h \ , \tag{1}$$

式中：W为土壤贮水量（mm）；γ_i为第i层土壤体积含水率（%）；h为土壤深度，取10 cm。

4）产量测定。玉米成熟时按处理小区单独收获，按每小区实收计产，并换算为14%含水率时的产量。

1.4 数据处理

使用Excel 2007对数据、图表进行处理，采用DPS 7.05软件进行方差分析及LSD（最小显著差异法）进行多重比较。

2 结果与分析

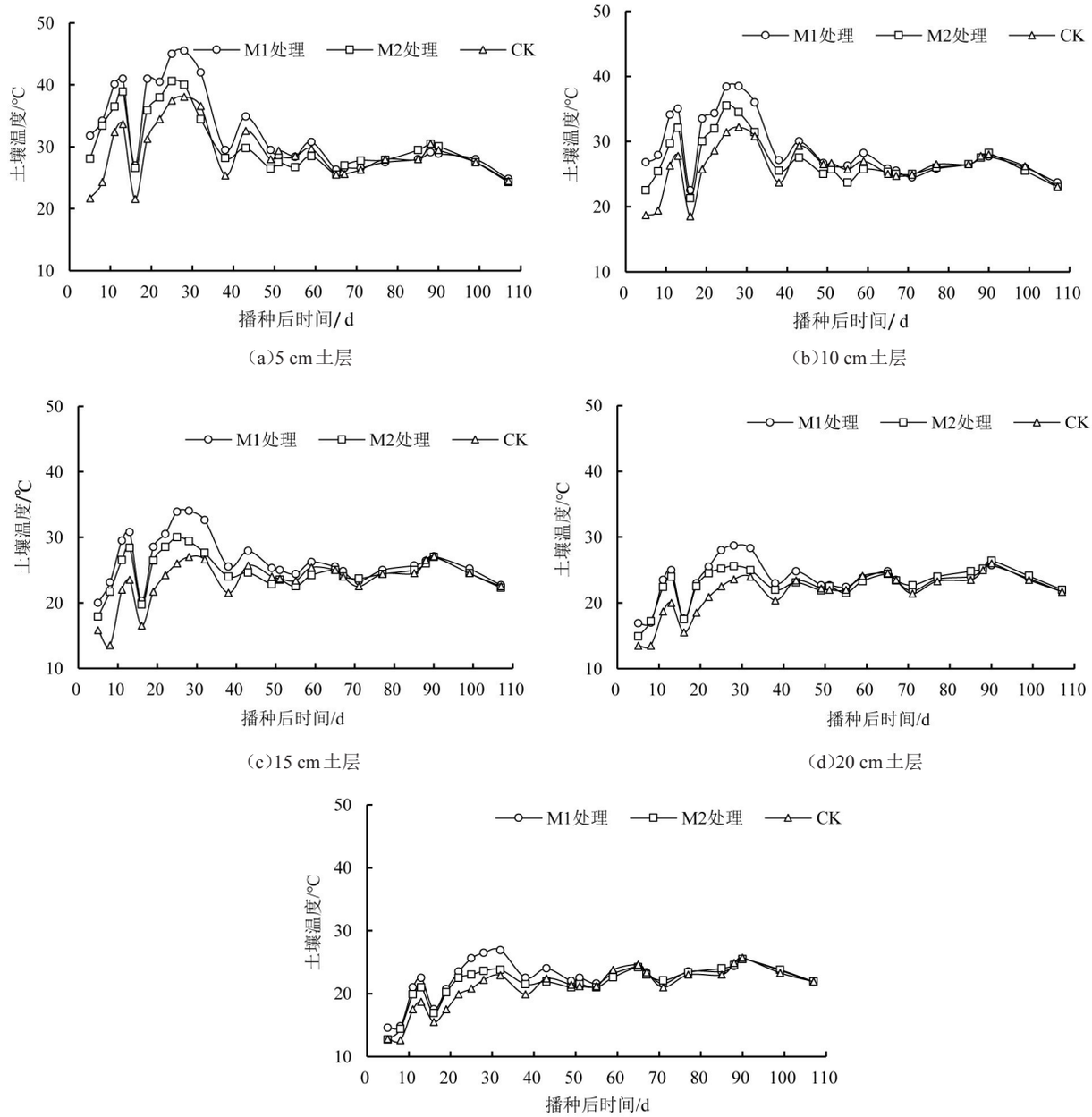
2.1 不同处理对玉米全生育期土壤温度变化的影响

将玉米各生育阶段0～25 cm土层平均温度列于表2。从表2可以看出，在苗期和拔节期，土壤温度均表现为M1处理>M2处理>CK，其中，M1和M2处理间差异显著。当玉米生长进入抽雄阶段以后，氧化生物双降解地膜开始出现大块破裂现象，破裂面积达到60%～70%，其保温性能明显降低，该时期，M1处理、M2处理和CK处理间土壤温度差异不明显。

表2 全生育期0～25 cm土层平均温度 ℃

试验处理	生育阶段			全生育期
	苗期	拔节期	抽雄—成熟期	
氧化生物双降解地膜（M1）	28.5 a	27.6 a	25.2 a	27.1
普通地膜（M2）	25.1 b	26.3 b	25.2 a	25.5
裸地（CK）	23.0 c	26.0 b	24.9 a	24.6

注 不同小写字母表示同一时期不同处理间差异显著（$P<0.05$），下同。



（a）5 cm土层

（b）10 cm土层

（c）15 cm土层

（d）20 cm土层

（e）25 cm土层

图2 玉米田间0～25 cm土层各处理下土壤温度变化

图2为不同处理下玉米播种后田间0～25 cm层土壤温度随生长季节变化情况。由图2可知，苗期（播种后0～40 d），各个土层土壤温度波动较大。在5 cm处，M1处理下土壤温度分别比M2处理和CK高3.9 ℃和7.0 ℃；在10 cm处，M1处理土壤温度分别比M2处理和CK高3.5 ℃和6.2 ℃；在15、20和25 cm处，M1处理下土壤温度分别比M2处理平均高2.9、1.8和1.8 ℃，比CK平均高5.8、4.0和3.2 ℃。上述结果表明，不同处理对不同深度土层的增温效果不同，随着深度增加，不同处理间温度差异逐渐减小。氧化生物双降解地膜对土壤温度具有明显的保温效果，在苗期其保温效果优于普通聚乙烯地膜，特别是对于0～15 cm土层，增温效果明显，这有利于苗期玉米的快速生长。

玉米进入拔节期后（播种后约40 d），各土层土壤温度波动幅度较苗期明显变小。该时段内，氧化生物双降解地膜开始降解，出现褶皱、小孔和拉力下降，但其覆盖下田间土壤温度仍高于普通地膜。

根据图2可知，在抽雄—成熟期（播种约70 d后），各处理间土壤温度变化趋同，彼此间差异进一步变小。总体而言，在抽雄—成熟期，不同处理间的土壤温度差异和波动均小于苗期和拔节期。氧化生物双降解地膜覆盖下土壤温度和普通地膜无显著区别，略高于CK。

2.2 不同处理对土壤贮水量的影响

各处理下玉米生育期内0～60 cm土层贮水量如图3所示。由图3可知，M1处理、M2处理和CK平均土壤贮水量分别为205.42、182.06和180.83 mm，M1处理分别比M2处理和CK高出23.36 mm和24.59 mm。生育期内，不同处理下土壤贮水量变化幅度表现为：M1处理＜M2处理＜CK，其中，M1处理、M2处理和CK土壤贮水量变差系数分别为3.3%、7.8%、8.2%，这说明玉米生育期内3种覆盖处理下，M1处理土壤贮水量变化幅度最小，CK贮水量变化幅度最大，其受降雨影响最为明显。

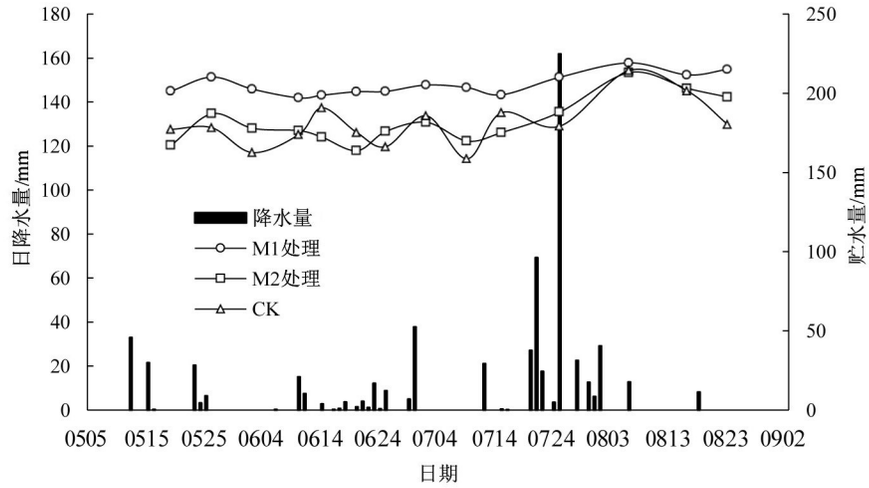


图3 不同处理下0～60 cm层土壤贮水量动态变化

表3为玉米不同生育阶段贮水量计算结果。由表3可知，苗期，M1处理贮水量显著高于M2处理和CK；进入拔节期，氧化生物双降解地膜开始降解，地膜变得褶皱有小孔，但并没有影响其保水性能，M1处理贮水量仍显著高于M2处理和CK；抽雄－成熟期，由于降雨较多，各处理下土壤贮水量均高于苗期和拔节期，这个阶段，氧化生物双降解地膜已经出现破裂、变薄、变脆现象并紧贴地表，但其处理下土壤贮水量仍高于其他2种处理。

表3 不同生育期各处理下土壤贮水量 mm

处理	苗期	拔节期	抽雄—成熟期
氧化生物双降解地膜（M1）	202.82 a	201.92 a	211.00 a
普通聚乙烯地膜（M2）	177.14 b	172.66 b	195.40 b
裸地（CK）	172.99 c	175.32 b	192.60 b

2.3 不同处理对玉米出苗率和产量的影响

表4为3种处理下玉米的出苗情况和产量。由表4可知，不同处理下玉米出苗率表现为：M1处理＞M2处理＞CK。其中，M1处理的出苗率为99.5%，比M2处理和CK分别高8.5%和16.2%。其中，M2处理出苗率

比CK高7.7%。说明地膜覆盖可以有效提高玉米的出苗率，特别是氧化生物双降解地膜因其良好的保水保温性能大幅提高了玉米出苗率。

表4 不同处理下玉米出苗率和产量

处理	生育期长度	理论出苗/株	实际出苗/株	出苗率/%	产量/(kg·hm^{-2})
氧化生物双降解地膜(M1)	108	108	107 a	99.5	15 641 a
普通聚乙烯地膜(M2)	117	108	99 b	91	14 647 a
裸地(CK)	120	108	90 c	83.3	11 566 b

根据品种试验结果，“良玉777”耐密品种的平均生育期为125 d。本试验年份为偏丰水年，且平均气温明显高于往年，生育期整体提前。M1地膜具有较好的保水保墒性能，M1处理的生育期最短为108 d，比M2处理(117 d)和CK生育期(120 d)分别提前了9 d和12 d。M1处理下，在播种后第6 d出苗率达到峰值，这一时间比M2处理和CK分别提前了2 d和4 d。总体来看，氧化生物双降解地膜对玉米出苗进程与普通地膜没有显著差异，与普通地膜覆盖作物相比氧化生物双降解地膜覆盖作物生育期提前，缩短了玉米生育期。

根据表4可知，M1处理下玉米产量高于M2处理和CK，M1和M2处理间产量差异不显著，但M1处理显著高于CK($p<0.05$)。

3 讨 论

部分研究发现可降解地膜覆盖能明显提高土壤温度。申丽霞等[13]研究表明，可降解(光、生物降解)地膜覆盖明显提高玉米播种后2个月0～10 cm的土壤温度。康虎等[14]研究表明，在玉米的出苗期和拔节期，覆膜处理的土壤温度明显高于裸地对照组；在出苗期，生物质降解地膜的升温效果高于普通地膜，较裸地最高可升高5 ℃。本试验中研究结果与上述结果基本相符，在苗期和拔节期，氧化生物双降解地膜覆盖下的土壤温度明显高于普通地膜，分别平均高3.4 ℃和1.3 ℃。拔节期开始氧化生物双降解地膜开始发生降解，出现裂缝，但氧化生物双降解地膜覆盖下土壤温度仍为最高。申丽霞等[15]研究认为可降解(光、生物降解)地膜覆盖下，播种7 d后土壤0～40 cm的土壤含水率明显高于裸地，并达到了显著水平。本试验研究也发现氧化生物双降解地膜覆盖增加了土壤贮水量。袁海涛等[12]研究表明氧化生物双降解地膜的保水性能高于普通地膜覆盖，差异显著，这是由于降解后残存地膜碎片化、变薄、变脆并紧贴地表，继续起到一定的增温、保墒作用。邬强等[16]研究发现完全生物降解地膜的保水增墒作用与普通地膜相似，表明可降解地膜日后可以取代普通地膜。

可降解地膜不仅可以提高土壤温度，还能够提高出苗率和缩短玉米生育期。李倩等[17]研究表明8%生物降解膜覆盖后玉米苗期提前2 d。试验条件下，氧化生物双降解地膜覆盖下出苗期比普通地膜和裸地对照分别提前1 d和3 d，出苗率比普通地膜和裸地对照分别高8.5%和16.2%。这是由于较高的土壤温度和水分才使可降解地膜和普通地膜玉米出苗期比裸地对照提前和出苗率提高[15]。

一些研究表明，可降解膜具有增产的效果。康虎等[14]研究发现生物质降解地膜富含多种有机质和营养元素，有利于玉米的生长，可以提高玉米产量8%左右。朱友娟等[18]研究发现覆盖可降解地膜能显著增加籽棉产量，但覆盖可降解地膜与普通PE膜处理之间的籽棉产量无显著差异。本试验中，氧化生物双降解地膜比起裸地能够显著增加玉米产量，比普通地膜和裸地分别增加了6.8%和35.2%，但覆盖氧化生物双降解地膜与普通地膜下的玉米产量差异不显著。

4 结 论

1)氧化生物双降解地膜覆盖相比普通地膜和裸地显著提高了0～25 cm土层的平均温度，有效促进了玉米前期生长。

2)玉米全生育期内氧化生物双降解地膜覆盖下田间0～60 cm土壤贮水量显著高于普通地膜和裸地，氧化生物双降解地膜处理下田间土壤水分波动更小，保水性能更稳定。

3)氧化生物双降解地膜覆盖处理下玉米出苗率比普通地膜和裸地分别高8.5%和16.2%；氧化生物双降解地膜覆盖下玉米产量高于普通地膜处理6.8%，比裸地产量高35.2%($p<0.05$)。

参考文献：

[1] LIU C A, JIN S L, ZHOU L M, et al. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters[J]. European Journal of Agronomy, 2009, 31(4):241-249.
[2] 田媛, 李凤民, 刘效兰. 半干旱区不同垄沟集雨种植马铃薯模式对土壤蒸发的影响[J]. 应用生态学学报, 2007, l8(4) : 795-800.
[3] 王红丽, 张绪成, 宋尚有, 等. 旱地全膜双垄沟播玉米的土壤水热效应及其对产量的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10):2 609-2 614.
[4] 孙扬, 郭占全, 吴春胜. 地膜覆盖对玉米产量及干物质特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(6):72-75.
[5] 王凤山, 常磊, 孙长红, 等. 秸秆还田和覆膜对西北旱地玉米产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(6):109-112.
[6] 张建军, 郭天文, 樊廷录, 等. 农用地膜残留对玉米生长发育及土壤水分运移的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33（1）:100-102.
[7] 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.
[8] 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.
[9] 辛静静, 史海滨, 李仙岳, 等. 残留地膜对玉米生长发育和产量影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(3):52-54.
[10] 何增国, 戴红燕. 可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长发育和产量的影响[J]. 节水灌溉, 2016(4):41-43.
[11] 杨玉姣, 黄占斌, 闫玉敏,等. 可降解地膜覆盖对土壤水温和玉米成苗的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29（S1）:10-14.
[12] 袁海涛, 于谦林, 贾德新, 等. 氧化-生物双降解地膜降解性能及其对棉花生长的影响[J]. 棉花学报. 2016, 28(6): 602-608.
[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] 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.
[15] 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.
[16] 邬强, 郑旭荣, 王振华, 等. 完全生物降解地膜覆盖对膜下滴灌棉花土壤温度及水分的影响[J]. 中国农村水利水电, 2016(8):133-136,143.
[17] 李倩, 张睿, 贾志宽, 等. 不同地膜覆盖对垄体地温及玉米出苗的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(2):98-102.
[18] 朱友娟, 伍维模, 温善菊, 等. 可降解地膜对新疆南疆棉花生长和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(4): 189-196, 224.

The Effects of Mulching with Biodegradable Plastic Films on Soil Moisture and Thermodynamics as well as Maize Yield

LIU Rui[1], SUN Shijun[1], ZHANG Wangwang[1], CHEN Zhijun[1], ZHANG Xudong[1]，ZHU Kunlun[2]

(1. College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China;
2. Shandong Eco-Benign Plastics Technology Co.,Ltd，Ji’nan 250110，China)

Abstract: Three field experiments were conducted in a rain-fed maize field in northeast China, two of which were mulched by the biodegradable plastic film (M1) and the common plastic film (M2), and the other one was without mulch (CK). The results showed that soil temperature at depth of 5, 10, 15, 20 and 25 cm in M1 was higher than that in M2 and CK during seedling and jointing, while there was no significant difference in soil temperature during tasseling and maturing period among the three treatments. During the whole growth period, the capacity of the soil to store water under biodegradable plastic film was higher than that under the common plastic film. The CK had the poorest soil water storage in the top 60 cm, followed by M2. The emergence rate of maize under M1 reached 99%, higher than those under M2 and CK by 8.5% and 16.2%, respectively. The maize yield was the highest under M1, which was 6.8% and 35.2% higher than that with M2 and CK, respectively. These results provided reference for the future use of biodegradable film in large area to improve maize yield and water use efficiency.

Key words: oxo-biodegradable plastic film; soil temperature; soil moisture; maize yield; rain-fed agriculture

责任编辑：陆红飞