

不同类型地膜覆盖对玉米农田水热状况及产量的影响^①

白雪^{1,2}, 周怀平^{2*}, 解文艳², 杨振兴², 程曼², 杜艳玲¹

(1 山西大学生物工程学院, 太原 030006; 2 山西省农业科学院农业环境与资源研究所, 太原 030031)

摘要: 为提高我国北方旱地作物的水分利用效率, 探索可降解类型地膜的应用前景, 在山西省农科院东阳试验基地, 于 2015 年和 2016 年连续定点定位设置普通地膜、渗水地膜、生物降解地膜、光降解地膜 4 种不同类型地膜覆盖模式, 以不铺膜为对照, 研究不同类型地膜覆盖模式对农田水热效应和玉米产量的影响。研究结果表明: 4 种覆膜处理下的土壤温度在生育前期土表处分别较不铺膜处理高 3.1~5.9℃; 渗水地膜和生物降解地膜处理的水分利用效率显著高于其他处理($P<0.05$), 光降解地膜和普通地膜处理次之, 不铺膜对照处理最低, 渗水地膜、光降解地膜、生物降解地膜、普通地膜处理的水分利用效率分别较对照高 11.0、5.9、12.8、5.4 kg/(mm·hm²)。产量方面, 与对照相比较, 渗水地膜、光降解地膜、生物降解地膜、普通地膜处理 2015 年的增产率分别为 20.3%、0.1%、15.4%、8.8%; 2016 年的增产率分别达到 44.8%、36.1%、53.6%、31.6%, 表现为生物降解地膜>渗水地膜>普通地膜>光降解地膜。地膜增温保墒作用下, 处理之间的增产效果与水分利用效率变化协同, 其中生物降解地膜能够显著提高玉米的水分利用效率及产量, 在未来可替代普通地膜推荐应用到旱地玉米中, 同时达到缓解农田残膜污染的效果。

关键词: 地膜覆盖; 水分利用效率; 土壤水热; 产量; 生物降解

中图分类号: S152.7; S626.2 **文献标识码:** A

山西省处于温带季风气候的半干旱半湿润区, 气候冷凉, 年降水量 400~650 mm, 且季节分配不均, 集中在夏秋两季, 春季播种之时干旱缺水, 蒸发量大, 使得这一地区的农作物经常处在水分胁迫环境^[1]。作为全国水资源紧缺省份之一, 充分利用有限的降雨量, 实施高效节水农业, 已是当前山西省农业可持续发展的必由之路。地膜覆盖栽培技术是提高土壤水分含量和作物产量的一个重要举措, 现已广泛应用到各个地区。地膜覆盖的作用主要表现在: 可以减少土壤表面水分的无效蒸发, 提高土壤的墒情, 使中下层水分向上移动, 提高水资源的利用效率; 提高温度的作用也很明显, 而且地膜覆盖能够改变土壤结构和微生物的生存环境, 从而影响土壤养分的转化和吸收, 提高土壤肥力; 此外, 覆膜还可以缩短作物的生育期, 特别是出苗期, 促进根系生长发育, 对作物的生理指标都有所增加, 从而达到增产增收的效果^[2]。但残膜污染也是当前迫切需要解决的问题, 主要解决措施之一便是使用可降解类型的地膜, 现主要是光降解和生物降解两种, 但其保温保水促产性能究竟如何, 能否

替代普通地膜还有待研究。山西省自主研发的渗水地膜在本区应用较广, 在农民群众中也有很好的口碑。

已有研究主要是单独针对不同类型地膜的其中两种以下的覆盖栽培方式的土壤性质变化和作物产量变化, 对多种不同类型地膜覆盖措施在同一地区同一生态系统下对农田生态效应和作物生长发育进行综合比较的研究较少, 相应的技术体系也未形成, 山西省境内这种多种地膜覆盖的对比试验还未见报道。因此, 本文以 2015 年、2016 年在山西省晋中市东阳镇进行的不同类型地膜覆盖试验, 分析不同地膜覆盖措施对土壤水热和作物产量的影响, 探索适宜当地生产和生态的最佳地膜覆盖方式, 为合理应用各类地膜覆盖栽培技术提供理论参考。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015 年、2016 年两年在山西省榆次东阳镇农科院研究基地进行。东阳镇位于山西省晋中市, 属于典型的暖温带大陆性气候, 多年平均降水 400~

基金项目: 山西省农业科学院博士研究基金(YBSJJ1614; YBSJJ1615)和山西省农科院所长引导专项(YDZX12)资助。

* 通讯作者(huapingzhou@126.com)

作者简介: 白雪(1992—), 女, 山西忻州人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: 1904128986@qq.com

650 mm, 10℃有效积温在 3 700℃左右, 无霜期 160 d。试验地土壤为潮土, 质地是黄黏土, 有机质含量 11.13 g/kg, 全氮 1.16 g/kg, 有效磷 17.81 mg/kg, 速效钾 17.77 mg/kg。

1.2 试验设计

不同类型地膜覆盖试验设 5 个处理, 即: 普通地膜覆盖(P)、渗水地膜覆盖(SS)、光降解地膜覆盖(G)、生物降解地膜覆盖(SW)、露地不覆膜对照(CK)。地膜覆盖时间为春玉米全生育期, 每个处理设 3 次重复, 每个处理小区面积 115 m²。所有处理均施用复合调控肥(N :225 kg/hm²; P₂O₅ :117 kg/hm²; K₂O :49 kg/hm²), 种植制度为一年一季玉米, 供试玉米品种为大丰 30, 密度 6.6 万株/hm²。播前旋耕施肥, 之后沟播覆膜放苗, 2015 年 5 月 18 日播种, 10 月 16 日收获; 2016 年 5 月 4 日播种, 9 月 29 日收获。普通地膜厚度 0.008 mm; 渗水地膜厚度 0.006 mm, 山西三水渗水膜科技发展中心生产; 光降解地膜厚度 0.008 mm, 吉林省白山市喜丰塑业生产; 生物降解地膜厚度 0.012 mm, 青岛宏达塑胶总公司生产, 四种地膜宽度均为 120 cm。生育期间不进行灌溉, 两年生育期降水量分别是 233.7 mm(偏旱)和 303.4 mm(正常)。

1.3 测定项目与方法

1) 土壤含水量。在田间用土钻采取新鲜土样, 采用铝盒烘干称重法测量土壤质量含水量, 准确至 0.01 g。

2) 土壤贮水量。 $W=h \times a \times 10/100 \times v$, 式中: W 土壤贮水量(mm); h 土层深度(cm); a 土壤质量含水量(%), v 土壤容重。

3) 土壤耗水量。 $ET_a=W_1-W_2+P$, 式中: ET_a 土

壤耗水量(mm)(以 2 m 土层含水量计算); W_1 播前土壤贮水量(mm); W_2 收获后的贮水量(mm); P 生育期有效降水量(mm)。

4) 水分利用效率。 $WUE=Y/ET_a$, 式中: WUE 水分利用效率(kg/(mm·hm²)); Y 作物籽粒产量(kg/hm²)。

5) 土壤温度。在地膜中间插入地温计, 测定 5、10、15、20、25 cm 处的土壤温度, 每个生育期连续测定 3 d, 每天从 6:00—18:00 间隔 2 h 测定记录一次数值。因离土表 5 cm 与 10 cm 处土壤温度变化一致, 15、20、25 cm 处的土壤温度变化相近, 所以在分析过程中选取有代表性的 5 cm(播种深度)和 15 cm(根系密集)处的土壤温度进行分析。

6) 玉米产量。在玉米收获时, 按小区收获实际玉米穗数, 称重折算各处理玉米籽粒产量(kg/hm²)。

7) 数据统计与分析。本文采用 Microsoft Excel 和 SPSS 软件进行数据的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤贮水量的影响

玉米根系主要分布在 0~60 cm 土层内, 该层的土壤水分较为活跃, 影响土壤贮水量变动的因子较多。因此, 各处理之间在不同生育期的贮水量也有所不同。总体来说, 整个生育期内的贮水量变化呈现“W”型, 播种期、灌浆期和收获期为 3 个高峰期, 成熟期贮水量较低, 6 月底 7 月初达到最小, 主要是 7 月以前降水稀少, 土壤水分一直处于消耗状态。4 种覆膜处理的贮水量均较蒸发大的 CK 高, 但四者之间无显著性差异。

表 1 不同地膜覆盖处理 0~60 cm 土层玉米各生育期土壤贮水量变化(mm)

Table 1 Changes of soil water storages at different growth stages of maize in 0-60 cm soil under different plastic film mulching treatments

年份	处理	苗期	拔节期	抽雄期	灌浆期	收获期
2015	SS	144.5 ± 4.9 b	111.0 ± 0.8 a	135.5 ± 0.4 b	130.4 ± 0.4 b	151.6 ± 0.4 c
	G	152.3 ± 0.4 ab	96.0 ± 3.6 b	140.2 ± 0.4 a	143.9 ± 0.2 a	157.6 ± 0.4 a
	SW	146.2 ± 3.7 ab	97.6 ± 2.8 b	126.9 ± 0.4 c	146.2 ± 0.4 a	153.8 ± 0.5 b
	P	155.0 ± 0.4 a	98.2 ± 2.4 b	140.1 ± 0.4 a	130.1 ± 0.4 b	150.1 ± 0.5 d
	CK	150.2 ± 0.4 ab	101.7 ± 0.3 b	127.4 ± 0.3 c	130.9 ± 0.4 b	132.2 ± 0.5 e
2016	SS	152.6 ± 0.5 d	106.1 ± 2.5 d	150.3 ± 0.5 b	145.1 ± 0.6 a	156.2 ± 0.5 d
	G	164.9 ± 0.2 b	110.9 ± 0.2 bc	148.6 ± 0.4 c	134.9 ± 3.6 b	141.8 ± 0.8 bc
	SW	166.6 ± 0.3 a	114.2 ± 0.6 sb	151.8 ± 0.5 a	144.7 ± 0.5 a	144.5 ± 0.4 b
	P	161.6 ± 0.3 c	115.7 ± 0.6 a	140.3 ± 0.4 d	133.5 ± 4.1 b	139.6 ± 2.1 c
	CK	144.8 ± 0.2 e	108.9 ± 0.4 cd	129.8 ± 0.2 e	139.7 ± 0.5 ab	142.3 ± 0.6 bc

注: 表中 SS(渗水地膜)、G(光降解地膜)、SW(生物降解地膜)、P(普通地膜)、CK(不覆膜对照); 表中的值为平均值±SD, $n=3$; 同列同一生育期不同小写字母代表处理间差异在 $P<0.05$ 水平显著。

从表 1 可以看出,玉米播种至苗期,覆膜第一年(2015 年)处理之间差异较小,普通地膜处理(P)贮水量最高,渗水地膜处理(SS)贮水量最小;2016 年,SS、光降解地膜(G)、生物降解地膜(SW)、P 处理的贮水量分别较 CK 增加了 7.5、20.1、21.9、16.5 mm,显示该阶段下各处理 0~60 cm 的土壤贮水量由高到低顺序为:SW>G>P>SS>CK。这段时期两年的降水量分别为 22.1 mm 和 57.4 mm,相对整个生育期来说较少,而且该阶段气温升高,土壤蒸发量大,而地膜覆盖能够抑制蒸发,在生育前期降水稀少的情况下对作物正常营养生长起到重要作用。

玉米拔节期至抽雄期,0~60 cm 土层土壤贮水量为整个生育期的最低值,该阶段气温较高,日照时间较长,作物蒸腾量增大,玉米生长旺盛,耗水量大。2015 年拔节期,SS 处理贮水显著高于其他处理,抽雄期 G 和 P 处理贮水较高。2016 年拔节期,P 处理贮水显著高于其他处理,抽雄期间,4 种覆膜处理贮

水量都显著高于 CK,贮水量由高到低顺序为 SW>SS>G>P>CK。该阶段两年的降水量分别是 35 mm 和 168.2 mm,2016 年的雨季到来较早,雨水相对较为充沛。

灌浆期至乳熟期,2015 年,SW 和 G 处理土壤贮水量高于其他 3 个处理;2016 年 SS 和 SW 处理土壤贮水量较高。2015 年雨季到来较晚,这一时期两年的降水量分别为 112 mm 和 47.9 mm。

玉米收获期,2015 年处理之间的贮水量有明显差异,贮水量由高到低顺序为 G>SW>SS>P>CK。2016 年 SS 和 SW 处理土壤贮水量显著高于其他处理。

2.2 不同处理对土壤质量含水量垂直剖面变化的影响

图 1 显示,在覆膜之前,各处理的水分含量在整个剖面上无明显差异;覆膜之后,4 种覆膜处理 0~300 cm 各土层的含水量均较 CK 增加,在剖面上的含水量由高到低顺序为:G>SW>SS>P>CK。

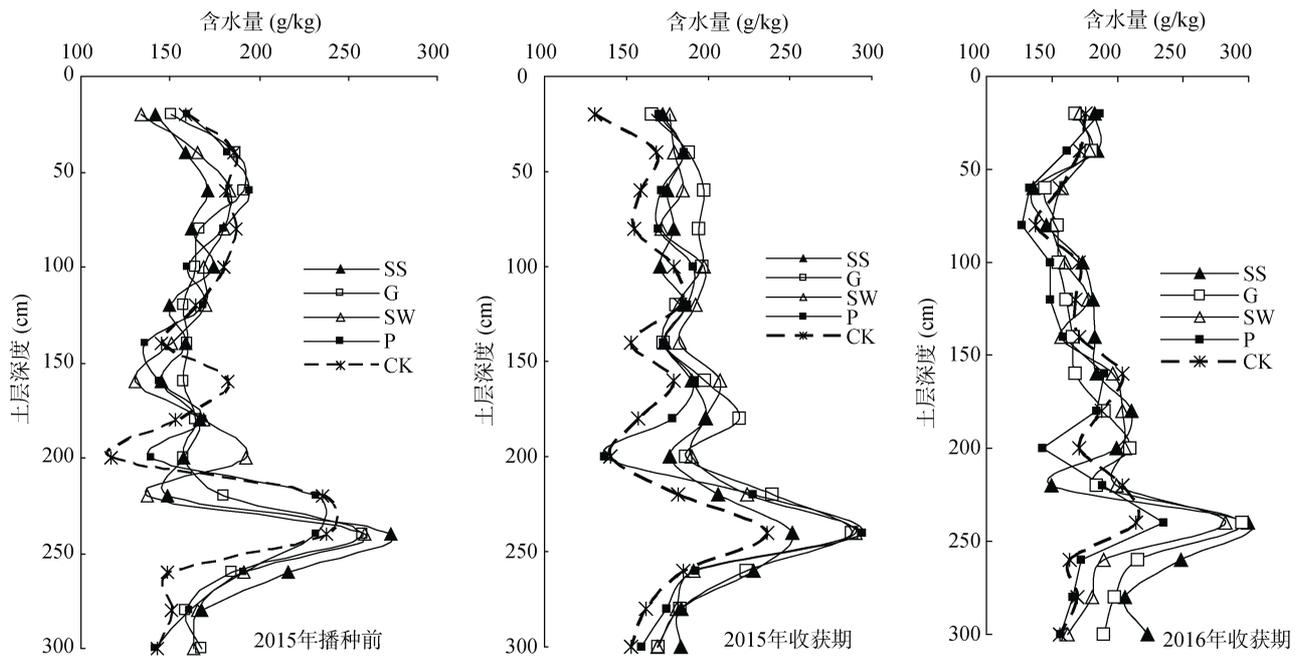


图 1 不同处理覆膜前后 0~300 cm 土层土壤质量含水量的垂直变化

Fig. 1 Vertical variations of soil water contents in 0-300 cm soil profiles before and after film mulching

2.3 不同处理对土壤温度的影响

土壤温度是影响种子出苗、作物生长发育以及土壤微生物活动的重要因素。

地膜覆盖的保温效应主要表现在作物生长的前期,这对出苗率和幼苗的生长发育起到了至关重要的作用。如图 2,各处理在离土表 5 cm 处的土壤温度在苗期阶段的日较差最高可达 35℃,分析结果显示,处理之间土壤温度在夜间气温较低时差异很小,随着气温的升高,各处理之间尤其是 4 种覆膜处理与 CK

的差异逐渐加大,到 12:00—16:00 时差异达到最大,P、G、SS、SW 处理土壤温度分别较 CK 高 7、9、8、11℃。从大喇叭口期至灌浆收获期,生育中后期的 CK 土壤温度反而较覆膜处理高。总体来说,4 种覆膜处理在全生育期内土壤 5 cm 深度温度由大到小为:P>G>SS>SW。苗期土壤 15 cm 深度温度日较差缩小至 13~19℃,处理之间差异减小,4 种覆膜处理在夜间的温差大于白昼,在 6:00-10:00 的大小为:SW>G>SS>P>CK。土壤 15 cm 深度温度在灌浆

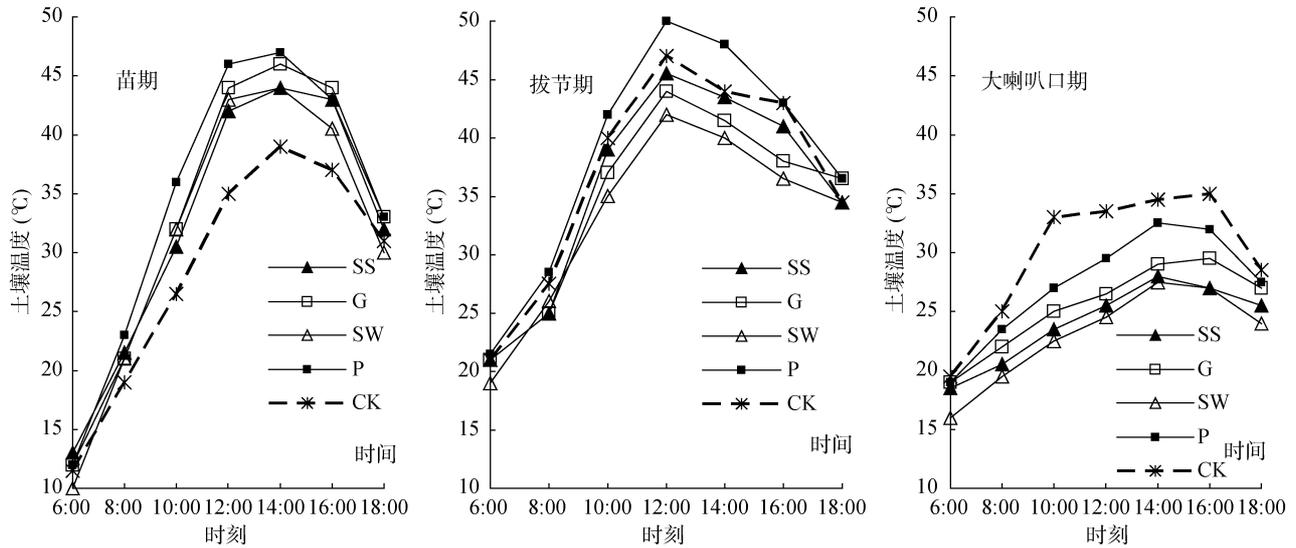


图 2 不同地膜覆盖处理玉米各生育期土壤 5 cm 深度温度日变化

Fig. 2 Diurnal variations of soil temperature in 5 cm depth at different growth stages of maize under different film mulching

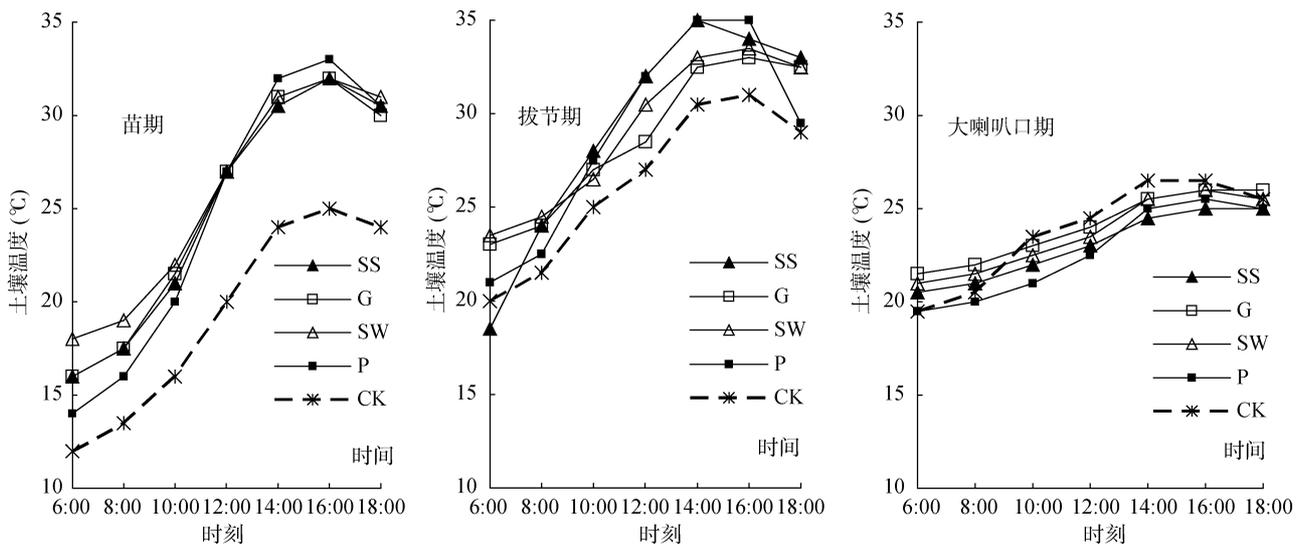


图 3 不同地膜覆盖处理玉米各生育期土壤 15 cm 深度温度日变化

Fig. 3 Diurnal variations of soil temperatures in 15 cm depth at different growth stages of maize under different film mulching

期以后变化较复杂，覆膜处理较 CK 的日较差缩小，4 种覆膜处理由大到小为：G>SW>SS>P。

2.4 不同处理对玉米产量、耗水量和水分利用效率的影响

受气候差异尤其是降水量不同的影响，春玉米的耗水量和水分利用效率(WUE)也不同。2015 年相对 2016 年降水偏少，雨季到来晚，降水集中在 8、9 月，生育期总降水量 233.7 mm；2016 年雨季到来早，降水集中在 7、8 月，生育期总降水量是 303.4 mm。2015 年的 4 种覆膜处理耗水量都较 CK 低，2016 年 G 和 P 处理的耗水量比 CK 高。覆膜处理下的玉米生长旺盛，因此耗水量大。

从两年的结果来看，4 种覆膜处理的水分利用效率均较 CK 高，作物耗水量大而蒸发少，因此 WUE 结果表现为：SW>SS>G>P>CK，且在干旱年份下，覆膜处理的水分利用效率更好。4 种覆膜处理的产量显著高于 CK，增产 0.57 ~ 4.20 t/hm²，降雨多的年份下增产效应更优。其中，SW 和 SS 处理增产较高，G 和 P 处理增产较低。2015 年的产量 SW>SS>P>CK>G，2016 年 SW>SS>G>P>CK，与水分利用效率结果一致。

3 讨论

地膜覆盖通过改变地表辐射和减少土壤水分蒸发改善田间小气候，土壤的水热变化呈现特殊的规律^[19]。

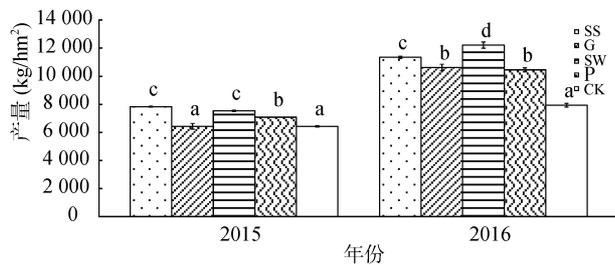


图 4 2015—2016 年不同地膜覆盖对玉米产量的影响

Fig. 4 Effects of different film mulching on maize yields in 2015 and 2016 years

表 2 不同处理对玉米耗水量和水分利用效率的影响

Table 2 Effects of different film mulching on water consumption and water use efficiency of maize

处理	ET(mm)		WUE (kg/(mm·hm ²))	
	2015	2016	2015	2016
CK	278.8	401.3	23.4	19.5
SS	222.0	384.7	35.4	29.5
G	194.9	447.6	31.0	23.8
SW	201.0	388.9	37.5	31.0
P	236.8	434.4	30.0	23.7

本研究结果显示,从保水效益看,各处理在不同生育阶段有不同的特点。普通地膜处理覆盖严实后不易被风吹损,拉伸强度高,封闭性强,因此能够在整个生育期更好地抑制土壤水分蒸发,但相对渗水地膜又不能很好地利用次数较多的小型大气降水。渗水地膜处理则能够解决小型降雨雨水无法进入膜下而被无效蒸发和过分抑制土壤空气这两个普通地膜存在的问题。山西省的小型降雨频次多,累计数量可观,时间也恰好出现在春旱作物生长发育需水量大的时候,渗水地膜的微通透结构能够维持通风和保水的平衡,有效利用小型降雨,提高水分利用效率^[5]。覆盖的生物降解地膜厚度较大,因添加剂而表现质地脆滑,从抽雄期开始破裂降解后的保水效应有所降低,但不会影响玉米的正常出苗发育,且在整个生育期内的土壤含水量与其他处理也无明显差异。光降解地膜的透光性较好,但裂解较早,且主要是在光的作用下降解,覆盖遮掩在泥土中的部分不能降解,因此在生育中后期的保水性能较差^[4]。

从土壤温度看,气象条件、地膜覆盖和玉米植株覆盖 3 种因素在玉米不同生育阶段对土壤温度的影响程度不同,形成了玉米田间土壤温度随生育阶段变化而变化的基本规律^[15]。本研究结果显示,地膜覆盖的保温作用主要是在玉米生育前期,苗期土壤温度是整个生育期的最大值,高的地温保证了较高的出苗率,到中后期的覆膜处理则具有明显的降温效应。在苗期,太阳辐射可以直接到达地面,而且膜内有较高

的水蒸气,阻止了太阳长波辐射的反射,使得土壤的温度变高^[16]。从大喇叭口期至灌浆收获期,生育中后期的对照处理土壤温度反而较覆膜处理高,这主要是在玉米生长中期,降雨量增加,地膜又具有保水保墒的作用,土壤水分含量的增大在炎热的夏季会起到降温的效果,且覆膜处理下的玉米生长较快,株高显著高于对照处理,白天枝叶截留的太阳总辐射多,玉米叶片的荫蔽作用减少了土壤对太阳辐射的吸收,因此地温较低。从土层深度来说,地膜的增温效应随土壤深度的增加而逐渐减弱,土壤 15 cm 深度增温的幅度明显低于 5 cm 深度。从日变化来看,覆膜之后的地温日较差在苗期阶段要大于未覆膜对照(CK),大喇叭口期以后则相反。4 种覆膜处理在全生育期内的土壤 5 cm 深度温度由大到小为:普通地膜>光降解地膜>渗水地膜>生物降解地膜。试验使用的生物降解地膜因添加剂影响而呈现奶白色,与其他几种地膜相比透光性较差,因此保温作用受到限制。

从增产作用和水分利用效率看,覆膜提高了土壤表层的温度和水分,使得叶面积指数 LAI 快速增长,对于光的吸收增加,产生更多的物质积累,进而提高产量^[20-24]。本研究表明,4 种覆膜处理均具有较好的增产效益,分别增产 0.57 ~ 4.20 t/hm²,且覆膜的效果在降水较多的年份表现尤为明显,这与 Tarara^[19]的研究结果一致。四者的水分利用效率和增产效果为生物降解地膜>渗水地膜>普通地膜>光降解地膜。光降解地膜处理的增产作用相对较小,主要是在光的作用下降解过快,光敏剂的使用量不好控制,应用受到限制;生物降解地膜和渗水地膜处理的增产作用显著高于其他处理($P < 0.05$)。

在整个玉米生育期,本研究观察记录了 4 种不同类型地膜的田间降解破裂程度,并在 2016 年收获后对每个处理挖取 20 cm × 20 cm 大小的 0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30 cm 层次内的土壤,清洗出其中的残膜并称量,由此估算每公顷土地不同层次的残膜量。渗水地膜、光降解地膜、生物降解地膜和普通地膜处理 0 ~ 10 cm 土层的残膜量分别为 51.71、49.88、55.32、51.59 kg/hm², 10 ~ 20 cm 土层的残膜量分别为 3.14、3.05、3.07、3.18 kg/hm², 20 ~ 30 cm 土层的残膜量分别为 0.32、0.34、0.28、0.36 kg/hm²。选用的光降解地膜最先开始裂解,地膜中的光敏剂添加较多,因此表层降解过快而土壤深处的难以降解;选用的生物降解地膜厚度大,材料中的添加剂适量,保证了玉米生育前期的水热需求,从抽雄期开始破裂,且并不能够在当年就完全在土壤中降解消失,反

而最后的残膜量最多最碎小,但质地已经很脆,随着时间的推移,在微生物作用下会逐步完全降解。普通地膜和渗水地膜在收获时也有微小的裂痕,可能与地膜使用寿命有关,属于正常消耗,这两种地膜因不发生降解,土表地膜完整,经过简单的捡拾,剩余的残膜量反而较小。总体来说,4种地膜最后的残留量主要是0~10 cm土层差异较大,深层土壤中的残留量差异较小。

地膜覆盖具有增温保墒、抑制土壤水分蒸发、提高深层土壤水分上升利用等优点,而这正是旱地农业研究的中心内容。聚乙烯薄膜面源污染问题的一个有效解决措施就是使用可降解类地膜。本研究结果表明,覆膜的综合效益由高到低为生物降解地膜>渗水地膜>普通地膜>光降解地膜。综合几种覆膜方式,可降解地膜尤其是生物降解地膜既有增温保墒促产的效果,又能减轻田间残膜污染,其推广应用前景较广^[13]。但可降解地膜中添加的光敏剂、淀粉、纤维素、木素、合成树脂等材料,要适当其配比或用量,使得地膜在生育中后期开始降解,不要过早降解从而降低地膜原有的性能。

4 结论

1) 地膜覆盖在土壤0~300 cm土层剖面上均具有较好的保墒作用。各处理的深层保水效果为:光降解地膜>生物降解地膜>渗水地膜>普通地膜>不覆膜。

2) 4种覆膜处理的土壤温度在生育前期都显著高于对照,土壤5 cm深度的增温效应明显,渗水地膜、光降解地膜、生物降解地膜和普通地膜的日均温在苗期阶段较对照分别增加了3.9、4.7、3.1、5.9℃。

3) 渗水地膜、光降解地膜、生物降解地膜、普通地膜处理两年的水分利用效率分别较对照高11.0、6.0、12.8和5.4 kg/(mm·hm²)。2015年的各覆膜处理较对照的增产率分别为20.3%、0.1%、15.4%、8.8%;2016年增产率分别达到44.8%、36.1%、53.6%、31.6%。

4) 可降解地膜尤其是生物降解地膜的水热效应优于普通地膜,作为一种环保型材料,生物质可降解类型地膜可以替代普通地膜,未来应用前景广阔。

参考文献:

[1] 解文艳,周怀平,杨振兴,等.不同覆盖方式对旱地春玉米土壤水分及作物生产力的影响[J].水土保持学报,2014,28(4):128-133

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

[3] 王玲,牛俊杰.晋西北覆膜玉米田土壤水分初探[J].园艺与种苗,2014(10):53-58

[4] 黎先发.可降解地膜材料研究现状与进展[J].塑料,2014,33(1):76-81

[5] 姚建民,殷海善,杨瑞平,等.渗水地膜技术研究[J].塑料,2003,32(3):70-73

[6] 周昌明.地膜覆盖及种植方式对土壤水氮利用及夏玉米生长、产量的影响[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2016

[7] 陈林,杨新国,翟德苹,等.柠条秸秆和地膜覆盖对土壤水分和玉米产量的影响[J].农业工程学报,2015,31(2):108-116

[8] 杜社妮,白岗栓.玉米地膜覆盖的土壤环境效益[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):56-59

[9] 卜玉山,苗果园,周乃健,等.地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析与比较[J].中国农业科学,2006,39(5):1069-1075

[10] 胡敏,苗庆丰,史海滨,等.不同地膜覆盖对春玉米生长发育及水分利用效率的影响[J].干旱区资源与环境,2017,31(2):173-177

[11] 申丽霞,王璞,张丽丽,等.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

[12] 李仙岳,彭遵原,史海滨,等.不同类型地膜覆盖对土壤水热与葵花生长的影响[J].农业机械学报,2015,46(2):97-103

[13] 张杰,任小龙,罗诗峰,等.环保地膜覆盖对土壤水分及玉米产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(6):14-19

[14] 刘春芬.黄土塬区农田不同地膜覆盖度下的土壤水热特征及春玉米对补水灌溉的响应研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2016

[15] 陈志君,张琳琳,姜浩,等.东北雨养区黑色地膜和种植密度对玉米田间地温和产量的影响[J].生态学杂志,2017,36(8):2169-2176

[16] 孟庆兰,高军凯,卢筱茜,等.覆膜种植对玉米生长初期NDVI识别的影响[J].生态学杂志,2016,35(7):1761-1766

[17] 冯浩,刘闯,余坤,等.不同覆盖方式对土壤水热与夏玉米生长的影响[J].农业机械学报,2016,47(12):192-202

[18] 曹玉军,魏雯雯,徐国安,等.半干旱区不同地膜覆盖滴灌对土壤水、温变化及玉米生长的影响[J].玉米科学,2013,21(1):107-113

[19] Tarara J M. Microclimate modification with plastic mulch[J]. Hortscience, 2000, 35: 169-180

- [20] Filipović V, Romić D, Romić M, et al. Plastic mulch and nitrogen fertigation in growing vegetables modify soil temperature, water and nitrate dynamics: Experimental results and a modeling study[J]. *Agricultural Water Management*, 2016, 17: 100–110
- [21] Mohapatra B K, Lenka D, Naik D. Effect of plastic mulching on yield and water use efficiency in maize[J]. *Annals of Agricultural Research*, 1998, 19: 210–211
- [22] Cook H F, Valdes Gerardo S B, Lee H C. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays*[J]. *Soil & Tillage Research*, 2006, 91: 227–235
- [23] Dang J, Liang W, Wang G, et al. A preliminary study of the effects of plastic film-mulched raised beds on soil temperature and crop performance of early-sown short-season spring maize (*Zea mays* L.) in the North China Plain[J]. *The Crop Journal*, 2016, 4: 331–337
- [24] Fasoula V A, Fasoula D A. Principles underlying genetic improvement for high and stable crop yield potential[J]. *Field Crops Research*, 2002, 75: 191–209
- [25] 翟夏斐, 李强, 李富翠, 等. 秸秆和地膜覆盖模式下土壤水热动态分析[J]. *土壤*, 2014, 46(4): 716–724
- [26] 杨丽, 祁双桂, 李青梅, 等. 不同覆膜栽培方式对胡麻水分利用效率和产量的影响[J]. *西北农业学报*, 2017, 26(5): 728–737
- [27] 张丹, 王洪媛, 胡万里, 等. 地膜厚度对作物产量与土壤环境的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2017, 36(2): 293–301
- [28] 白有帅, 贾生海, 黄彩霞, 等. 旱作区生物降解膜对土壤温度、水分及春小麦产量的影响[J]. *麦类作物学报*, 2015, 35(11): 1558–1563
- [29] 李云光, 王振华, 张金珠, 等. 滴灌条件下液体地膜覆盖土壤保温保湿效应及棉花生长响应[J]. *土壤*, 2015, 47(6): 1170–1175

Effects of Different Plastic Film Mulching on Soil Moistures, Temperatures and Maize Yields

BAI Xue^{1,2}, ZHOU Huaiping^{2*}, XIE Wenyan², YANG Zhenxing², CHENG Man², DU Yanling¹

(1 College of Biological Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2 Institute of Agricultural Environment and Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China)

Abstract: A location experiment with different plastic film mulching was conducted in Dongyang Town of Shanxi Province in 2015 and 2016 in order to improve water use efficiency of dry farmland in north China and to explore the application prospect of degradable plastic film. 5 treatments of film mulching were designed: 1, common plastic film mulching; 2, water-permeable plastic film mulching; 3, biodegradable plastic film mulching; 4, light degradation film mulching; and 5, no film mulching. The results showed that soil temperatures of film mulching were 3.1–5.9°C higher than that of CK in the early growth stage. Water use efficiencies of 2, 4, 3 and 1 treatments were 11.0, 5.9, 12.8 and 5.4 kg/(mm·hm²) higher than that of CK. Yield increase rates of 2, 4, 3 and 1 treatments were 20.3%, 0.1%, 15.4% and 8.8% higher than that of CK in 2015, respectively; and were 44.8%, 36.1%, 53.6% and 31.6% higher than that of CK in 2016, respectively. The performance was in an order of biodegradable film > water-permeable film > general film > light degradation film. Yield increasing effect was consistent with water use efficiency attributed to the remarkable effects of film mulching on soil moisture and temperature. The biodegradable plastic film can significantly improve water use efficiency and maize yield, thus and can replace common mulch film in corn production in dry land in the future, which is also helpful in alleviating residual film pollution in farmland.

Key words: Plastic film mulching; Water Use efficiency(WUE); Soil moisture and temperature; Yield; Biodegradation