

不同材料地膜覆盖对玉米生物学性状的影响

张 杰^{1a,1b}, 贾志宽^{1b}, 李国领², 罗诗峰³

(1 西北农林科技大学 a 农学院, b 干旱半干旱农业研究中心, 陕西 杨凌 712100; 2 河南省农业科学院小麦研究中心, 河南 郑州 450002; 3 河南省农村能源环境保护总站, 河南 郑州 450002)

[摘要] 【目的】比较同一气候条件下不同材料地膜覆盖的集雨效果, 为选择高效集雨保墒、环保无污染的覆盖材料提供理论依据。【方法】在 2008—2009 年于渭北旱塬选用普通地膜、生物降解膜和液态膜 3 种材料, 在玉米不同时期进行覆盖(生育期覆盖和周年覆盖), 以不覆盖的传统平作为对照, 比较不同覆盖材料对土壤含水量、温度及玉米生长发育、生物量和产量的影响。【结果】与对照相比, 普通地膜和生物降解膜覆盖处理, 5~10 cm 土层土壤平均温度分别增加了 1.6 和 1.3 °C, 0~200 cm 土壤平均含水量分别增加了 7.8% 和 7.3%, 玉米生育期普遍提前, 株高和生物量较对照显著增加($P<0.05$); 液态膜覆盖表现不稳定。2 年试验中, 玉米生育期覆盖普通地膜、生物降解膜和液态膜处理的籽粒产量较对照分别提高 19.96%, 19.67% 和 4.77%, 水分利用效率平均提高 30.67%, 29.69% 和 7.36%; 周年覆盖普通地膜、生物降解膜和液态膜籽粒产量比对照分别提高 23.75%, 23.90% 和 5.31%, 水分利用效率提高 32.06%, 31.59% 和 8.44%; 生育期和周年覆盖普通地膜、生物降解膜的增产作用均达显著水平($P<0.05$)。【结论】覆盖生物降解膜和普通地膜均能显著增加作物产量和水分利用效率, 且两者之间无明显差异, 因此生物降解膜可以替代普通地膜应用于农业生产。

[关键词] 生物降解膜; 普通地膜; 液态膜; 土壤水分; 水分利用效率; 集雨种植

[中图分类号] S152.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)12-0133-08

Influence of different mulching materials on biological characteristics of corn

ZHANG Jie^{1a,1b}, JIA Zhi-kuan^{1b}, LI Guo-ling², LUO Shi-feng³

(1 a College of Agronomy, b Research Center of Agriculture in the Arid and Semi-arid Areas, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Wheat Research Center, He'nan Academy of Agricultural Science, Zhengzhou, He'nan 450002, China; 3 General Station of He'nan Rural Energy and Environmental Protection, Zhengzhou, He'nan 450002, China)

Abstract: 【Objective】The study compared with rainfall harvesting effects among different covering materials, to provide theoretional basis for selecting highly effective rain collection and environmental protection covering material. 【Method】Three covering materials of common plastic film, biodegradable film and liquid film were chosen in the arid area of northern Wei River from 2008 to 2009 year at different periods (corn growth period and all year). Comparison of different mulch materials on soil moisture, temperature, the corn growth and development, biomass and yield was made. 【Result】The treatment with common plastic film and biodegradable film covering increased, the soil emperature by 1.6 and 1.3 °C at the depth of 5—10 cm, improve the soil moisture storage by 7.8% and 7.3% at depth of 0—200 cm. The plant height and total biomass increased significantly($P<0.05$) compared with no covering treatment(CK), while the liquid film covering treatment showed an unstable influence; Treated with common plastic film, biodegrada-

* [收稿日期] 2010-06-25

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目“农田集雨保水关键技术研究”(2006BAD29B03), “节水共性技术研究”(2007BAD88B10)

[作者简介] 张 杰(1979—), 女, 黑龙江双鸭山人, 在读博士, 主要从事旱地农业研究。E-mail: mooncatmlz@163.com

[通信作者] 贾志宽(1962—), 男, 山西朔州人, 教授, 博士生导师, 主要从事旱地农业研究。E-mail: zhikuanjia@tom.com

ble film and liquid film in growth period, the economic yield of spring maize respectively increased by 19.96%, 19.67% and 4.77% compared with no covering treatment (CK), WUE respectively increased by 30.67%, 29.69% and 7.36%; When treated with the three covering materials all year, the improvement of economic yield of spring maize rose by 23.75%, 23.90% and 5.31%, WUE respectively increased by 32.06%, 31.59% and 8.44%; the common plastic film and biodegradable film showed a significant yield increase effect ($P < 0.05$) treated both in growth period and the whole year. 【Conclusion】 The treatment with plastic film and biodegradable film covering can improve crop yield and water use efficiency, and there is no difference between the two materials, so biodegradable plastic film can replace the common plastic film used in agricultural production.

Key words: common plastic film; biodegradable film; liquid film; soil moisture storage; WUE; rainfall harvesting planting

在我国北方干旱地区,由于雨水资源分布不均,年自然降水的 60%~70%集中在 7~9 月份,造成农作物生长期需水与自然降水供需错位^[1]。与理想条件下的光、热、水、肥状况相比,我国北方干旱地区由于水分的限制,农作物生产潜力衰减可达 67%~75%;另外,<10 mm 的无效降雨发生频率占降雨次数的 70%以上,相当于损失了 4 500 kg/hm² 的增产潜力^[2-3]。因此,通过集雨、蓄水保墒等途径,利用有限的降水改善作物的生长环境,促进农作物的生长发育,可以提高农作物的水分利用效率与籽粒产量^[4-10]。有研究表明,地膜集雨覆盖可使土壤贮水量增加 30%、蒸散量降低 50%、水分亏缺减少 15%以上,并能加快作物生育进程,使作物平均产量提高 42.28%^[11-12]。随着地膜覆盖栽培的广泛使用,覆盖普通地膜造成的环境污染问题日益严重。因此,可降解膜和液态地膜等新型覆盖材料的开发与利用受到关注。有研究表明,适量覆盖液体膜能促进棉花^[13]和玉米^[14]的生长发育,增产作用显著。可降解膜由于其基本构成成分、试验地气候条件以及覆盖方式的差异,其应用效果不尽相同^[15,17]。本研究选用普通地膜、生物降解膜和液态膜 3 种材料,在玉米不同生长

时期进行覆盖,比较了不同覆盖材料对玉米生长发育、生物量积累和产量的影响,以期高效集雨、保墒、环保无污染的覆盖材料的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2008-04—2009-10 在陕西省合阳县甘井镇进行。试验地位于渭北旱塬的北端末境,海拔 850 m,属暖温带大陆性季风气候。试验地年均日照时数 2 528.3 h,日照率 57%;年平均气温 11.5℃;年平均地温 13.9℃;年平均降雨量 553 mm,无霜期 208 d;太阳辐射总量 5 489.4 J/cm²,其中春夏季辐射量占全年的 62.39%,冬季最小;≥0℃积温 4 091.8℃,≥10℃积温 3 498.3~4 440℃。

供试土壤为垆土,耕层(0~60 cm)土壤含有机质 8.87 g/kg、全氮 0.91 g/kg、全磷 0.57 g/kg、全钾 8.62 g/kg、速效氮 41.22 mg/kg、速效磷 13.36 mg/kg、速效钾 155.08 mg/kg,pH 值 8.2,土壤体积质量 1.37 g/cm³。

2008—2009 年试验期间玉米生育期降雨量分布如图 1 所示。

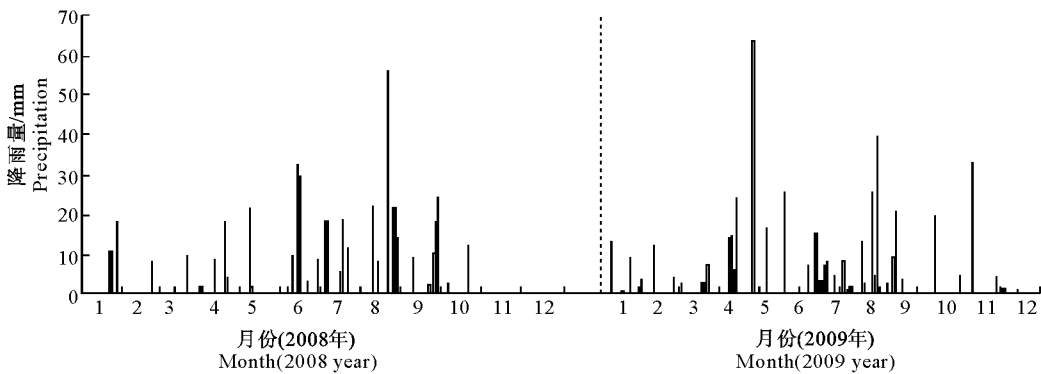


图 1 2008—2009 年玉米生育期间的降雨量

Fig. 1 Precipitation during corn growth from 2008 to 2009

由图 1 可见,2008 和 2009 年玉米全生育期有效降雨量差异不大,分别为 309.8 和 338.2 mm。但 2 年降雨分布不同,2008-04-25 播种到 06-13 仅有 1 次超过 10 mm 的降雨,为 21.9 mm,降雨量主要集中在 6、8 月份;2009 年降雨主要分布在玉米需水量少的 5 月中上旬和 8 月下旬,尤其是 5 月份有效降雨量达 132.1 mm,占生育期总降雨量的 39.90%,而玉米生长的高耗水阶段(06-19—08-17)仅有 2 次超过 10 mm 的降雨。

1.2 试验设计

试验采用沟垄集雨种植方式,沟、垄宽度均为 60 cm,垄高 15 cm,垄上覆膜,沟内种植;垄上覆盖材料分别为普通地膜(PM)、生物降解膜(SM)和液态膜(YM);覆盖期设:生育期覆盖(T_1)和周年覆盖(休闲期和生育期均覆盖, T_2),以不覆盖的传统平作为对照(CK)。小区面积 19.74 m²(4.7 m×4.2 m),随机区组排列,重复 3 次。

试验所用普通地膜由山西运城塑料厂生产;生物降解膜为陕西华宇高科生物有限公司产品;液态膜为浙江艾可泰投资有限公司产品,按推荐用量 9 倍稀释后用喷雾器均匀喷洒于垄上。

播种前 10 d 整地、起垄、覆膜。各处理施肥水平为 N 300 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm²,其中 N 肥 100 kg/hm² 作基肥,200 kg/hm² 于大喇叭口期追施,P 肥和 K 肥均作基肥一次施入,集雨种植区肥料均施于种植沟内。供试玉米品种为“豫玉 22 号”,2008 年播种期为 04-25,2009 年播种期为 04-24,各处理玉米播种株距 30 cm,行距 60 cm。休闲期覆盖是在上一年作物收获后,于翻地时在原垄上覆膜。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水量 在播种前至收获期,每隔 28 d 左右采集一次垄沟中 0~200 cm 土层土样,采用烘干法测定土壤含水量,田间取样重复 3 次。

1.3.2 地温 用曲管地温计定位观测沟垄种植区垄侧及平作种植区行间 5 和 10 cm 处地温,从玉米播种后开始观测,每隔 10 d 左右测定 1 次(每次连续测定 3 d),连续观测 6 次,观测时间为 08:00,14:00 和 18:00,计算日平均地温,即每天 08:00,14:00 和 18:00 地温的平均值。

1.3.3 玉米生育期 以小区内 70%植株表现某生育期特征作为进入该生育期的标准。

1.3.4 株高、生物量 每小区选 5 株有代表性的长势基本一致的植株挂牌标记,从进入拔节期开始,每

隔 10 d 测定 1 次株高。选 3 株有代表性的长势基本一致的植株,杀青、烘干,测定其质量,测定从苗期开始,每 30 d 左右测定 1 次,共测 5 次。

1.3.5 经济产量 按实收小区面积计算经济产量,取 35 个具有代表性的玉米穗测定其穗粒数、穗长和穗粗,种子自然风干后测定千粒质量,重复 3 次。

1.3.6 水分利用效率 作物耗水量由田间水分平衡方程式计算:

$$ET = P + \Delta W. \quad (1)$$

式中:ET 为阶段耗水量(mm),P 为降水量(mm), ΔW 为计算时段内土壤贮水量的变化(mm)。

水分利用效率(WUE)计算公式:

$$WUE = Y / ET. \quad (2)$$

式中:WUE 为作物水分利用效率(kg/(hm²·mm)),Y 为作物籽粒产量(kg/hm²),ET 为耗水量(mm)。

因此水分利用效率最终的计算公式为:

$$WUE = Y / (P + \Delta W). \quad (3)$$

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 SAS(Statistical Analysis System)统计软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同集雨处理玉米生育期土壤含水量的动态变化

由图 2 可见,无论地面覆盖与否,土壤含水量的季节动态无明显差别,玉米整个生育期基本可划分为土壤水分缓慢蒸发、蓄水增墒和强烈蒸发损耗 3 个阶段。在春玉米不同生育阶段,所有处理 0~200 cm 土层土壤含水量的变化趋势相同,这表明不同处理的集雨保墒作用一致,但由于不同时期降雨、温度、土壤蒸发和作物耗水的不同,各处理土壤含水量随时间的变化存在明显差异,但各时期不论 T_1 还是 T_2 处理,集雨处理均能明显提高 0~200 cm 土层土壤含水量,尤其在播种前期覆盖 PM 和 SM 处理土壤含水量显著高于 CK,且 PM 和 SM 之间无显著差异。在播种后 75 和 85 d 左右,覆盖 PM 处理的土壤含水量高于 SM 处理,这主要是由于这一阶段生物降解膜在高温条件下发生不同程度降解,集雨能力下降所致。在播种后 105 和 115 d 左右,普通地膜老化破损,集雨能力降低,导致 PM 和 SM 含水量差异消失,加之作物蒸腾耗水加大,使土壤含水量出现低谷。至播种后 130 和 140 d(玉米收获期),作物耗水减少,PM 和 SM 处理的集雨效果明显高于 YM 和 CK 处理。 T_1 与 T_2 相比,由于 T_2 处理的冬

闲期覆盖能有效收集冬季降雨,减小土壤蒸发面积,使播种前至播种后 25 d 同种材料覆盖条件下 T_2 处理的土壤含水量略高于 T_1 处理,但随着生育期的

推移,玉米蒸腾耗水和土壤蒸发加剧, T_1 和 T_2 同种材料处理间土壤含水量的差异逐渐缩小,集雨效果相当。

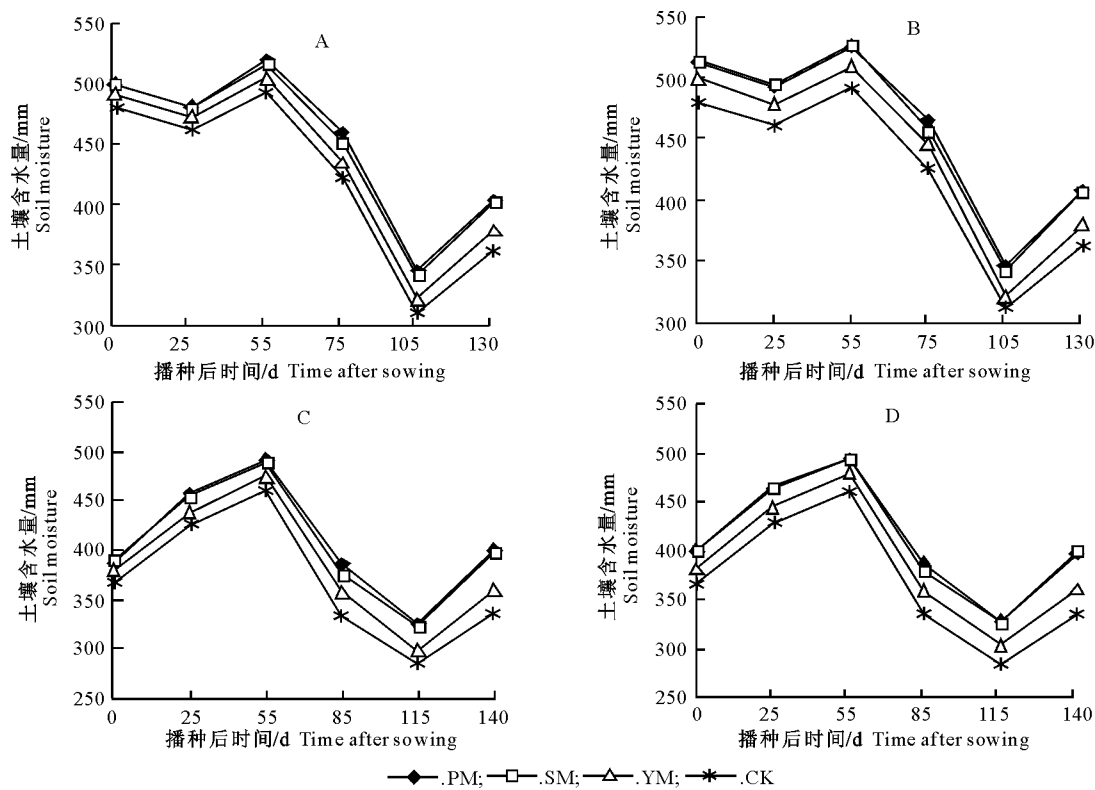


图 2 不同处理 0~200 cm 土层土壤含水量的动态变化

A,B. 分别为 2008 年 T_1 , T_2 处理;C,D. 分别为 2009 年 T_1 , T_2 处理

Fig. 2 Dynamic changes of water in 0—200 cm soil layer with different treatments

A,B. Represented the soil layer of T_1 , T_2 in 2008;C,D. Represented the soil layer T_1 , T_2 in 2009

2.2 不同集雨处理对土壤温度的影响

由图 3 可见,在玉米生育前期(播种后 65 d 内),集雨处理种植垄侧 5~10 cm 土层土壤平均温度明显高于对照。2008—2009 年,在 T_1 和 T_2 处理

下,PM、SM 和 YM 处理 5~10 cm 土层土壤平均温度分别较 CK 提高了 1.6,1.3 和 0.5 °C,表明覆盖 PM 和 SM 处理能有效提高玉米生育前期的土壤温度。

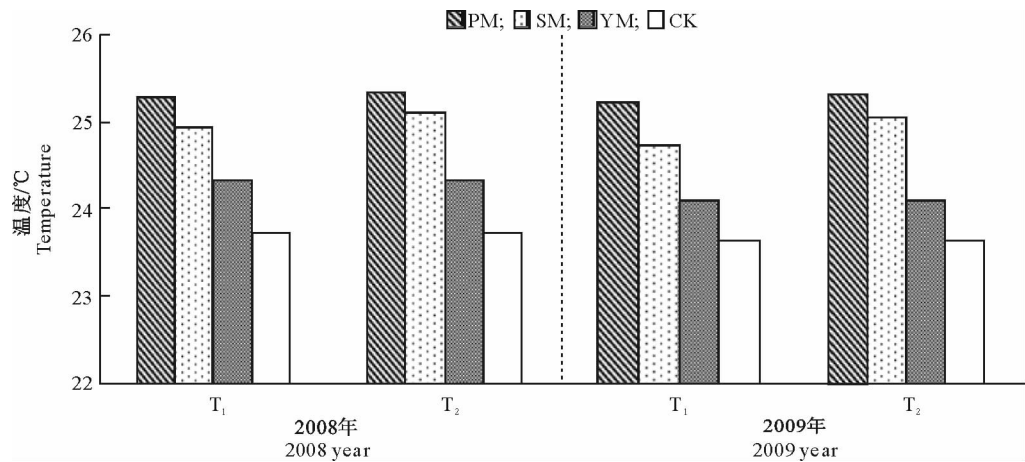


图 3 不同处理玉米生育前期 0~10 cm 土层土壤温度的变化

Fig. 3 Changes of soil average temperature at 0—10 cm soil layer in difference treatments

2.3 不同集雨处理对玉米生育进程和生物性状的影响

2.3.1 不同覆盖材料和覆盖时期玉米的生育进程

由表 1 可见,集雨种植条件下,不同覆盖材料使玉米的生育进程均有所提前,生育期覆盖和周年覆盖之间无显著差异,说明周年覆盖在出苗期对浅层地温的累加效果不明显。2008 年,PM 和 SM 处理玉米出苗一致,均较 YM 和 CK 处理提前 1 d,全生育期均较

YM 和 CK 处理分别缩短 4 和 6 d。2009 年第 1 季度大旱,各处理玉米出苗较 2008 年推迟了 2~3 d,出苗率较低,覆盖 PM 和 SM 处理出苗均较 YM 处理提前 1 d,较 CK 处理提前 2 d,全生育期较 YM 和 CK 处理分别缩短 4 和 7 d。试验期间,大喇叭口期各处理生育进程差异最大,其中 CK 处理的生育期明显滞后,较 PM 和 SM 处理推迟了 6~7 d,说明覆盖 PM 和 SM 能有效加快玉米的生育进程。

表 1 不同覆盖材料和覆盖时期对玉米生育进程的影响

Table 1 Effect of different mulching materials and periods on the corn growth course							
年份 Year	处理 Treatment	出苗期 Emergence	拔节期 Jointing	大喇叭口期 Bell-mouthed	抽雄期 Tasseling	成熟期 Maturity	全生育期/d Whole-life
2008	T ₁	PM	05-05	05-27	06-15	07-07	128
		SM	05-05	05-27	06-15	07-06	128
		YM	05-06	05-28	06-21	07-09	132
	T ₂	PM	05-05	05-27	06-15	07-06	128
		SM	05-05	05-27	06-15	07-06	128
		YM	05-06	05-28	06-21	07-09	132
		CK	05-06	05-28	06-21	07-11	134
2009	T ₁	PM	05-07	06-01	06-21	07-12	136
		SM	05-07	06-01	06-21	07-12	136
		YM	05-08	06-03	06-26	07-15	140
	T ₂	PM	05-07	06-01	06-20	07-12	136
		SM	05-07	06-01	06-21	07-12	136
		YM	05-08	06-03	06-26	07-15	140
		CK	05-09	06-04	06-27	07-18	143

2.3.2 不同覆盖材料和覆盖时期对玉米产量及其构成因素的影响

不同覆盖材料和覆盖时期对玉米产量及其构成因素的影响见表 2,结果表明,不同集雨覆盖材料对玉米产量影响显著($P<0.05$)。

表 2 不同覆盖材料和覆盖时期对玉米产量及其构成因素的影响

Table 2 Grain yield and its components of corn treated with different covering materials and stages							
年份 Year	处理 Treatment	籽粒产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	千粒质量/g Thousand grain weight	穗粒数 Grain number per spike	穗长/cm Spike length	穗粗/cm Ear diameter	收获指数/% Harvest index
2008	T ₁	PM	12 309.0 a	408.6 a	643.4 a	19.7 a	56.1 a
		SM	12 292.5 a	407.9 a	642.7 a	19.4 a	56.3 a
		YM	10 510.5 b	388.6 b	585.5 b	18.7 b	54.3 b
	T ₂	PM	12 805.7 a	423.5 a	654.9 a	20.7 a	57.3 a
		SM	12 820.5 a	421.1 a	653.6 a	20.5 a	57.9 a
		YM	10 548.5 b	392.4 b	591.9 b	18.8 b	54.9 b
		CK	10 025.4 b	377.2 b	579.7 b	18.5 b	53.6 b
2009	T ₁	PM	11 464.6 a	362.5 a	649.3 a	19.7 a	55.8 a
		SM	11 424.1 a	365.7 a	651.1 a	19.7 a	55.4 a
		YM	10 248.7 b	345.4 b	589.2 b	18.4 b	53.7 b
	T ₂	PM	11 723.0 a	376.4 a	654.8 a	19.8 a	56.5 a
		SM	11 738.2 a	372.1 a	653.1 a	19.9 a	56.3 a
		YM	10 316.9 b	348.7 b	596.1 b	18.6 b	54.0 b
		CK	9 787.7 b	336.3 b	585.3 b	18.4 b	52.5 b

注:同列数据后标不同小写字母表示在同一覆盖时期各处理间差异显著($P<0.05$)。
Note: Values within the same column followed by different lowercase letters are significantly different of different treatment at the same covering times($P<0.05$).

由表 2 可见,不论 T₁ 还是 T₂ 处理,PM 和 SM 处理的籽粒产量、千粒质量、穗粒数、穗长、穗粗和收获指数均与 CK 处理差异显著($P<0.05$),而 YM 处理与 CK 差异不显著。2008—2009 年,T₁ 处理

PM、SM 和 YM 覆盖 2 年的平均籽粒产量较 CK 分别提高了19.96%，19.67%和 4.77%；T₂ 处理 PM、SM 和 YM 覆盖的平均籽粒产量较 CK 分别提高了23.75%，23.90%和 5.31%。不同集雨处理的增产幅度不同，PM 和 SM 的增产幅度相当，均显著高于 YM 处理。

2.3.3 不同覆盖材料和覆盖时期对玉米单株株高和生物量积累的影响 由图 4 可见，在不同材料覆盖条件下，春玉米株高从出苗以后便开始出现差异，并且一直持续到整个生长周期结束。在试验的 2 年

中，不论 T₁ 还是 T₂ 处理，PM 和 SM 覆盖处理株高均明显高于 YM 和 CK 处理，且差异显著 ($P < 0.05$)；与 T₁ 处理相比，除 YM 外，T₂ 覆盖 PM 和 SM 处理的株高均显著提高 ($P < 0.05$)。

由图 4 可见，随着生育进程的推进，玉米生物量积累符合“S”型生长曲线。方差分析结果表明，PM、SM 处理的生物量与 YM、CK 处理差异显著 ($P < 0.05$)，YM 和 CK 处理间无明显差异；与 T₁ 处理相比，除 YM 外，T₂ 覆盖 PM 和 SM 处理的生物量均显著提高 ($P < 0.05$)。

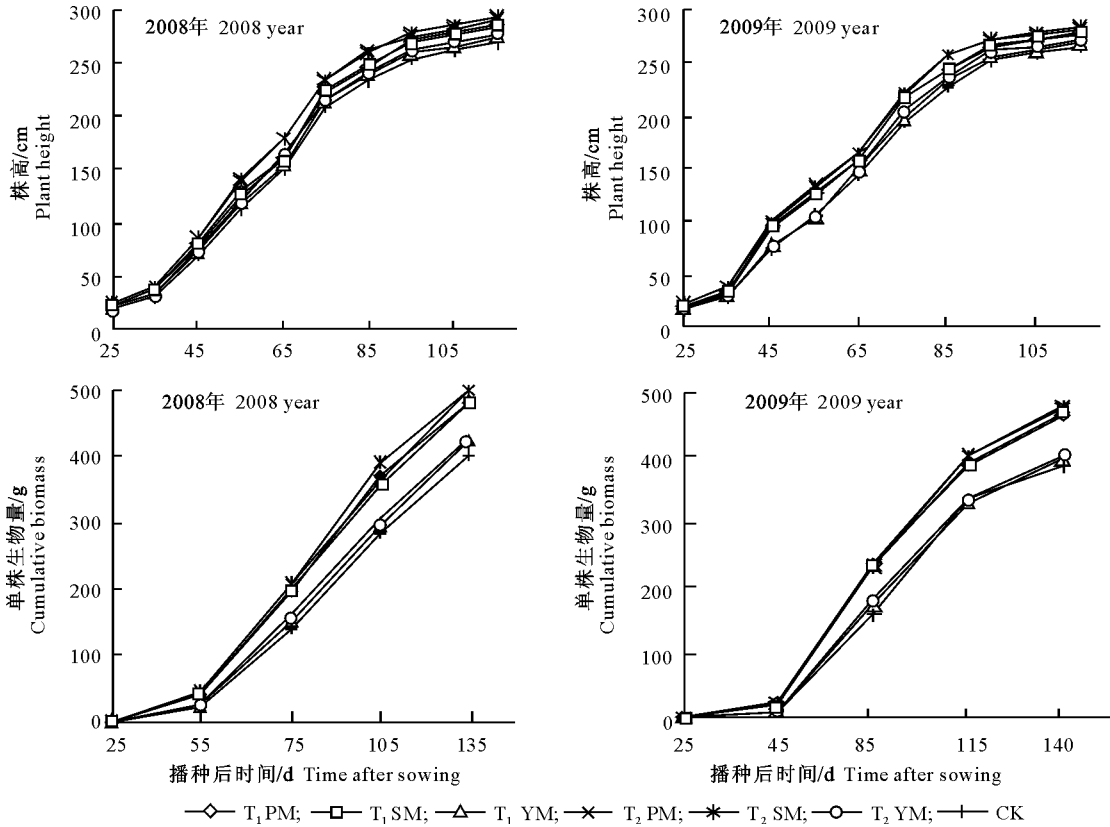


图 4 不同覆盖材料和覆盖时期玉米株高和生物量积累的动态变化

Fig. 4 Dynamic changes of plant height and cumulative biomass in different mulching materials and periods

2.4 不同集雨处理对水分利用效率的影响

从图 5 可以看出，不论 T₁ 还是 T₂ 处理，PM 和 SM 处理的水分利用效率均显著高于 YM 和 CK 处理。在 T₁ 处理下，PM、SM 和 YM 处理的水分利用效率与 CK 相比，2008 年分别提高了 28.40%，28.09%和 6.67%，2009 年分别提高了 32.93%，31.28%和 8.05%；T₂ 处理下，PM、SM 和 YM 处理的水分利用效率与 CK 相比，2008 年分别提高了 30.88%，30.45%和 6.97%，2009 年分别提高了 33.24%，32.73%和 9.91%。T₁ 与 T₂ 处理相比，同种材料覆盖间没有显著差异。

3 讨论

3.1 不同处理的土壤水温状况和玉米生育进程

在干旱半干旱地区，水分对作物生长发育至关重要。有研究表明，地膜集雨种植能有效增加土壤温度^[18]，提高土壤含水量^[19]，加快作物生育进程^[12]；王鑫等^[15]研究表明，可降解膜能显著提高土壤水分和温度，使玉米生育期提前，在玉米生育前期液态膜使生育期有所提前，但生育后期与对照无差别。本研究结果与以上研究结果类似，由于不同材料的集雨保温作用，在玉米各生育期，普通地膜、生物降解膜和液态膜处理与 CK 相比能提高 0~200

cm 土壤含水量,以覆盖普通地膜和生物降解膜的效果尤为明显;在玉米生育前期,覆盖普通地膜和生物降解膜也能有效提高垄侧 5~10 cm 土壤温度。普通地膜和生物降解膜处理的集雨增温效果显著,明

显影响了玉米的生育进程,而液态膜处理的效果不明显。同种材料周年覆盖下的土壤含水量、地温和玉米生育进程,与生育期覆盖没有显著差异。

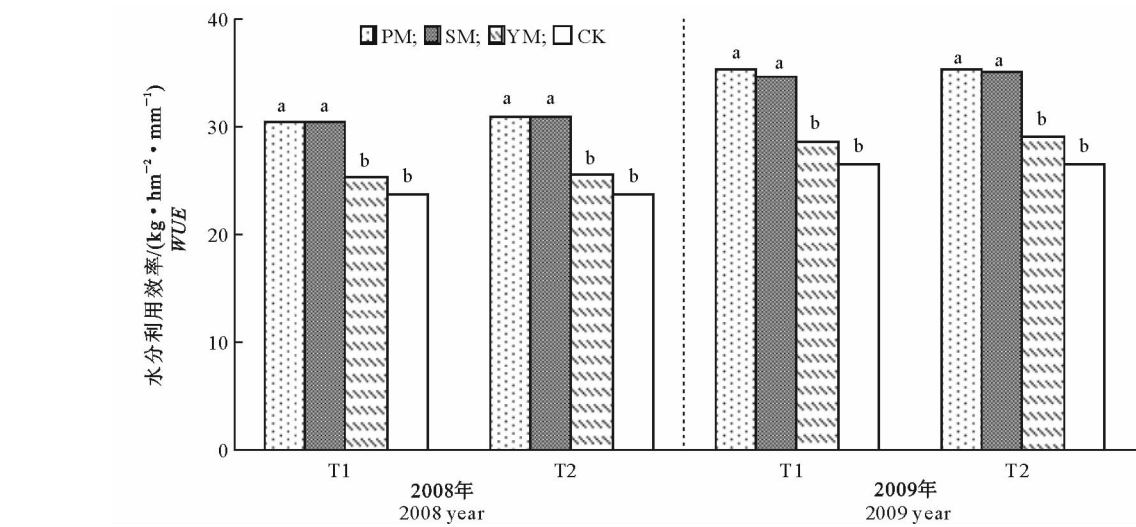


图 5 2008 和 2009 年不同集雨处理的水分利用效率

图中同一年同一覆盖期不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Fig. 5 Water use efficiency (WUE) of corn in 2008 and 2009

Values within the same filling period followed by different lowercase letters are significantly different at the same year ($P<0.05$)

3.2 不同处理对玉米生物性状的影响

研究表明,地膜和液态膜覆盖的集雨效果使作物的干质量和株高较对照均有很大提高^[18,20];生物降解膜覆盖下的玉米生物性状均高于对照,且与普通地膜没有显著差异^[21]。本研究表明,不论是生育期覆盖还是周年覆盖处理,与液态膜、CK 相比,覆盖普通地膜、生物降解膜均能显著增加玉米的株高和生物量($P<0.05$),且 2 种膜的作用效果无明显差异,液态膜覆盖处理的玉米株高和生物量较对照有一定提高,但差异不显著。周年覆盖普通地膜和生物降解膜的株高比生育期覆盖处理显著提高($P<0.05$),液态膜的影响不显著。

3.3 不同处理对产量和水分利用效率的影响

采用降解地膜的经济作物和粮食作物的产量,有的低于普通地膜处理^[22],有的无明显差异^[23],而有的则高于普通地膜处理^[24],这种差异与作物种类、耕作方式、植株高度和遮光性等有关^[25],且降解膜和普通膜对作物生殖生长的影响无显著差异^[26]。对液态膜覆盖的研究认为,液态膜能提高作物产量,并能提高 17% 的出苗率^[13-14,27]。另有研究表明,覆盖普通地膜能提高玉米产量和水分利用效率,覆盖生物降解地膜也具有极显著的增产效果,且与普通地膜间无明显差异^[27-28]。本研究结果表明,与 CK

相比,普通地膜、生物降解膜集雨覆盖均能明显提高玉米的籽粒产量、千粒质量、穗粒数、穗长、穗粗和收获指数($P<0.05$),液态膜的增产作用不明显,普通地膜、生物降解膜处理的产量及其构成因素均与液态膜、CK 处理差异显著;2 年试验中,在生育期覆盖下,普通地膜、生物降解膜和液态膜覆盖的水分利用效率比 CK 分别提高了 30.67%,29.69%和 7.36%;周年覆盖下,上述集雨处理的水分利用效率比 CK 分别提高了 32.06%,31.59%和 8.44%;普通地膜和生物降解膜覆盖的水分利用效率与液态膜和 CK 处理差异显著。

以上研究结果表明,在旱作覆盖栽培中,生物降解膜与普通地膜具有相同的集雨保墒及增产效果,其可以替代普通地膜应用于农业生产;液态膜的集雨保墒效果不明显,需要进一步研究改善。

[参考文献]

- [1] 肖国举,王 静. 黄土高原集水农业研究进展 [J]. 生态学报, 2003,23(5):1003-1011.
Xiao G J, Wang J. Research on progress of rainwater harvesting agriculture on the Loess Plateau of China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003,23(5):1003-1011. (in Chinese)
- [2] 谷 茂. 中国半干旱区降水的农业高效利用 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001:1-10.

- Gu M. Efficient use of precipitation in agriculture of China's semi-arid region [M]. Beijing: Chinese Agriculture Science and Technology Publishing House, 2001: 1-10. (in Chinese)
- [3] 马耀光, 张保军, 罗志成, 等. 旱地农业节水技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 1-5.
Ma Y G, Zhang B J, Luo Z C, et al. Techniques of agricultural water-saving on dryland [M]. Beijing: Chemical Industry Publishing House, 2004: 1-5. (in Chinese)
- [4] 赵兴安. 我国旱地农业高效用水技术体系研究 [J]. 河北工程技术高等专科学校学报, 2003, 14(3): 21-22.
Zhao X A. Study of high efficient watering system applied in the dry-farmland agriculture of China [J]. Journal of Hebei Engineering and Technical College, 2003, 14(3): 21-22. (in Chinese)
- [5] 王琦, 张恩和, 李凤民, 等. 半干旱地区沟垄微型集雨种植马铃薯最优沟垄比的确定 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 38-41.
Wang Q, Zhang E H, Li F M, et al. Optimum ratio of ridge to furrow for planting potato in micro-water harvesting system in semi-arid areas [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(1): 38-41. (in Chinese)
- [6] 李小雁. 人工集水面降雨径流观测实验研究 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(1): 1-4.
Li X Y. Rainfall-runoff characteristics of artificial micro-catchments for rainwater harvesting [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15(1): 1-4. (in Chinese)
- [7] Li X Y, Gong J D, Gao Q Z, et al. Incorporation of ridge and furrow method of rainfall harvesting with mulching for crop production under semi-arid conditions [J]. Agriculture Water Manage, 2001, 50(3): 173-183.
- [8] Li X Y, Gong J D. Effect of different ridge: furrow ratios and supplemental irrigation on crop production in ridge and furrow rainfall harvesting system with mulches [J]. Agricultural Water Management, 2002, 54(12): 243-254.
- [9] 任小龙, 贾志宽, 韩清芳, 等. 半干旱区模拟降雨下沟垄集雨种植对夏玉米生产影响 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 45-50.
Ren X L, Jia Z K, Han Q F, et al. Effect of ridge and furrow rainfall harvesting planting system on production of summer corn (*Zea mays* L.) under simulated rainfall conditions in semi-arid areas [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(10): 45-50. (in Chinese)
- [10] 王彩绒, 田霄鸿, 李生秀. 沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用效率及产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(2): 208-214.
Wang C R, Tian X H, Li S X. Effects of plastic sheet-mulching on ridge for rainwater-harvesting cultivation on WUE and yield of winter wheat [J]. CJEA, 2004, 37(2): 208-214. (in Chinese)
- [11] 张永涛, 汤天明, 李增印, 等. 地膜覆盖的水分生理生态效应 [J]. 水土保持学报, 2001, 8(3): 45-47.
Zhang Y T, Tang T M, Li Z Y, et al. Soil physiological and ecological effects of mulching film [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 8(3): 45-47. (in Chinese)
- [12] 段喜明, 吴普特, 白秀梅, 等. 旱地玉米垄膜沟种微集水种植技术研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 143-146.
Duan X M, Wu P T, Bai X M, et al. Micro-rainwater catchment and planting technique of ridge film mulching and furrow seeding of corn in dryland [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(1): 143-146. (in Chinese)
- [13] 杨青华, 贺德先, 刘华山. 液体地膜覆盖对棉花产量与土壤环境的影响 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 123-126.
Yang Q H, He D X, Liu H S. Effect of liquid film mulching on cotton yield and soil environment [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(5): 123-126. (in Chinese)
- [14] 张春艳, 杨新民. 液态地膜对玉米生长及产量的影响 [J]. 青岛农业大学学报: 自然科学版, 2008, 25(3): 227-230.
Zhang C Y, Yang X M. Affects of liquid film on growth and yield of maize [J]. Journal of Qingdao Agricultural University: Natural Science, 2008, 25(3): 227-230. (in Chinese)
- [15] 王鑫, 胥国宾, 任志刚, 等. 无公害可降解地膜对玉米生长及土壤环境的影响 [J]. 中国农业生态学报, 2007, 15(1): 78-81.
Wang X, Xu G B, Ren Z G, et al. Effects of environment-friendly degradable films on corn growth and soil environment [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2007, 15(1): 78-81. (in Chinese)
- [16] 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.
Wang X, Lü J L, Sun B H. Effect of covering degradable films on corn and soil environment [J]. Journal of Agro-environmental Science, 2003, 22(4): 397-401. (in Chinese)
- [17] 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.
Qiao H J, Huang G B, Feng F X, et al. Degradation and its effect on corn growth of biodegradable mulch film [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2008, 10(5): 71-75. (in Chinese)
- [18] 吕强, 熊瑛, 陈明灿, 等. 不同覆盖方式对烟苗根系生长及耕层生态环境的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 86-90.
Lü Q, Xiong Y, Cheng M C, et al. A preliminary report on high-yielding cultivation techniques of potato in semiarid areas of Gansu [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(1): 86-90. (in Chinese)
- [19] 李小雁, 张瑞玲. 旱作农田沟垄微型集雨结合覆盖玉米种植试验研究 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 47-48, 52.
Li X Y, Zhang R L. On-field ridge and furrow rainwater harvesting and mulching combination for corn production in dry areas of northwest China [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(2): 47-48, 52. (in Chinese)