

渭北旱塬不同覆盖材料对旱作农田土壤水分及春玉米产量的影响

张惠^{1,2}, 李娟^{1,2}, 贾志宽^{1,2}, 张涛³, 侯贤清^{1,2}, 张鹏^{1,2}

(1.西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100; 2.农业部旱地作物生产与生态重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100; 3.西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:为了探索半湿润区沟垄覆盖栽培条件下春玉米田的蓄墒效果和增产增收效应, 2009—2010年在渭北旱塬采用普通地膜、生物降解膜和液态膜, 设置了不同沟垄覆盖栽培模式, 连续2a对土壤水分、产量和经济效益进行分析研究。结果表明, 在玉米全生育期, 普通地膜和生物降解膜能有效改善土壤的水分利用状况。与传统平作(对照)相比, 普通地膜和生物降解膜覆盖处理, 0~200 cm土壤平均贮水量分别增加了9.2%和8.6%, 液态膜覆盖表现不稳定。2a玉米平均产量普通地膜和生物降解膜分别较对照提高19.23%和17.82% ($P < 0.05$), 水分利用效率平均提高21.49%和20.25%; 经济效益以普通地膜和生物降解膜最高, 2a平均纯收益分别较对照增收22.09%和20.44%, 而液态膜处理的产量、水分利用效率及经济效益与对照均无显著差异。可见, 覆盖生物降解膜和普通地膜有良好的蓄水保墒效果, 显著增加了作物产量和水分利用效率, 因此生物降解膜可以代替普通地膜应用于农业生产。

关键词:覆盖材料; 土壤水分; 春玉米; 产量; 渭北旱塬

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)02-0093-08

渭北旱塬区属于暖温带半湿润易旱区, 降水时空分布不均且变率较大, 田间蒸发量大, 水资源短缺严重制约着该区经济发展和农业生产力的提高^[1]。多年来地膜覆盖栽培技术在旱作农业中广为应用, 对改善作物生长环境, 提高作物水分利用效率与籽粒产量有着十分重要的作用^[2-6]。相关研究表明^[7], 地膜覆盖可增加土壤贮水量30%、降低蒸散量50%、减少水分亏缺15%以上。郭志利和占世禄^[8]对谷子进行的大田试验结果表明, 地膜覆盖后水分利用效率提高12%~23%。赵爱琴等^[9]和范变娥等^[10]的研究结果表明, 覆盖生物降解膜和普通地膜均对作物有增产作用, 但两者差异不显著。

由于普通地膜在土壤中很难自行降解, 影响土壤理化性状, 作物根系生长受阻, 从而造成减产^[11], 在作物生产中的应用已造成严重的白色污染^[12]。目前各种可降解地膜以及液体地膜等环保型新型覆盖材料的研发与应用备受关注, 大多的研究集中于对其材料成分组配以及降解速度等工艺方面的研究^[13-20], 对于其保蓄土壤水分能力及对作物生长的影响等方面研究还较少。本试验在渭北旱塬区选

用3种不同覆盖材料(普通地膜、生物降解膜和液态膜), 通过连续两年定位沟垄覆盖栽培试验对土壤水分、春玉米产量及经济效益的影响进行比较研究, 以期筛选高效集雨保墒、环保无污染的覆盖材料提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验于2009年4月—2010年9月在陕西省合阳县甘井镇西北农林科技大学旱作试验站进行。该区位于北纬34°10'~36°20', 东经106°20'~110°40', 海拔910 m。属暖温带半湿润易旱区, 年均降雨量500~700 mm, 降雨主要集中在7—9月份; 气候干燥, 年蒸发量1 832.8 mm。年均日照总时数为2 528.3 h, 日照率57%。年平均温度为10.5℃, 年平均地温为13.9℃。无霜期208 d。≥0℃积温4 091.8℃, ≥10℃积温3 498.3~4 440℃, 属暖温带大陆季风气候。试验土壤为垆土, 中性偏碱, pH值为8.4。耕层(0~20 cm)土壤基础养分为: 有机质14.04 g/kg, 碱解氮54.11 mg/kg, 速效磷23.19

收稿日期: 2011-09-07

基金项目: “十二五”国家科技支撑课题“农田集雨保水关键技术研究”(2006BAD29B03); 陕西科技创新项目(2010NKC-03, 2011NXC01-16)

作者简介: 张惠(1987—), 女, 硕士研究生, 主要从事旱地农业研究。E-mail: zhanghui_528_best@163.com。

通讯作者: 贾志宽(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事旱区农业水分高效利用研究。E-mail: zhikuan@tom.com。

mg/kg,速效钾 135.83 mg/kg。

1.2 试验设计

田间试验采用沟垄集雨种植方式,沟、垄宽均为 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),以传统平作为对照(CK)。小区面积 4.7 m × 4.2 m,随机区组排列,重复 3 次。普通地膜(PM)产自山西运城塑料厂,生物降解膜(SM)产自陕西华宇高科生物有限公司,液态膜(YM)产自浙江艾可泰投资有限公司,并按推荐用量按 1:9 的比例兑水稀释后用喷雾器均匀喷洒于垄上,用量 1440 kg/hm²。

播种前 10 d 整地、起垄、覆膜,播种前基施 N 100 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm² 和 K₂O 150 kg/hm²,大喇叭口期追施 N 200 kg/hm²,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。2010 年播期为 4 月 22 日,各处理玉米播种株距 30 cm、行距 60 cm(膜侧种植,每穴种 2~3 粒)。2009—2010 年试验期间玉米生育期降雨量分布见表 1 所示。

表 1 2009—2010 年玉米生育期降雨量分布(mm)

Table 1 Rainfall distribution of maize growth period from 2009 to 2010

年份 Year	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sept.	生育期 Growing season
2009	7.1	136.5	46.8	46.6	96.8	35.8	369.6
2010	0	44.3	56.7	127.2	123.4	39.1	390.7

1.3 测定项目与方法

土壤水分测定:在播种前至收获期每隔 28 d 左右测定垄沟中 0~200 cm 土层土壤水分,0~20 cm 土层间隔 10 cm 取样,20 cm 以下土层间隔 20 cm 取样,采用烘干法测定土壤质量含水量,田间取样重复 3 次。

土壤贮水量: $E = c \times \rho \times h \times 10$,式中 E 为贮水量(mm), c 为土壤质量含水量(%), ρ 为土壤容重(g/cm³), h 为土层深度(cm)。

作物耗水量: $ET = P + \Delta W$,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: $WUE = Y/ET$,式中 WUE 为作物水分利用效率[kg/(mm·hm²)], Y 为作物籽粒产量(kg), ET 为耗水量(mm)。

经济效益 = 产量收益 - 成本投入,产量收益 =

籽粒产量 × 市场价格,其中成本投入包括覆盖材料、农药、化肥、种子费用和人工投入。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 和 DPS 3.01 数据处理软件进行数据处理和分析

2 结果与分析

2.1 不同覆盖材料处理下玉米生长期土壤水分动态变化

2.1.1 不同集雨处理对玉米生育期 0~60 cm 土层土壤贮水量的影响 0~60 cm 土层是玉米根系的主要分布区域,不同覆盖材料处理对 0~60 cm 土层土壤贮水量产生明显影响(图 1)。2009 年播种后季节性的降雨增加了土壤贮水量,在拔节期 PM、SM 和 YM 处理分别较对照提高 6.8%、5.7% 和 2.0%,大喇叭口期各处理分别较对照提高 4.1%、3.8% 和 2.8%,与 CK 差异显著($P < 0.05$)。在春玉米生长后期,降雨量减少,且作物水分需求量增大,导致土壤贮水量下降,灌浆期达到最低。2010 年大喇叭口期经历了一段长时间的干旱,所以土壤贮水量显著下降,各集雨处理与 CK 处理间差异不显著。抽雄期和灌浆期降雨量显著增加,但雨水入渗时间较短,土壤表层贮水量较高,各集雨处理与对照差异显著。抽雄期 PM、SM 和 YM 处理分别较对照提高 10.6%、9.3% 和 7.0%,灌浆期分别较对照提高 8.1%、8.0% 和 5.9%。从 2 a 玉米整个生育期来看,CK 处理 0~60 cm 土层土壤贮水量在整个生育期均处于较低水平,而普通地膜和生物降解膜处理的土壤贮水量显著高于对照 CK,集雨效果较佳。

2.1.2 不同覆盖材料处理对玉米生育期 0~200 cm 土壤总贮水量的影响 由图 2 可以看出,2009 年春玉米播前到成熟期,0~200 cm 土层平均土壤贮水量,以 PM、SM 处理最高,分别为 409.30 mm 和 406.78 mm,比对照 CK 增加 40.05 mm 和 37.54 mm, YM 处理次之(383.42 mm),比对照增加 14.17 mm。2010 年玉米全生育期,PM、SM 和 YM 处理 0~200 cm 平均土壤贮水量分别为 404.75、402.52 mm 和 383.96 mm,比对照 CK 增加 28.49、26.26 mm 和 7.7 mm。2 a 玉米生育期 0~200 cm 土壤平均贮水量 PM、SM 和 YM 处理依次分别为 407.03、404.65 mm 和 383.8 mm,显著高于对照处理(372.76 mm),可见,不同覆盖材料处理均有较好的蓄水保墒效果。

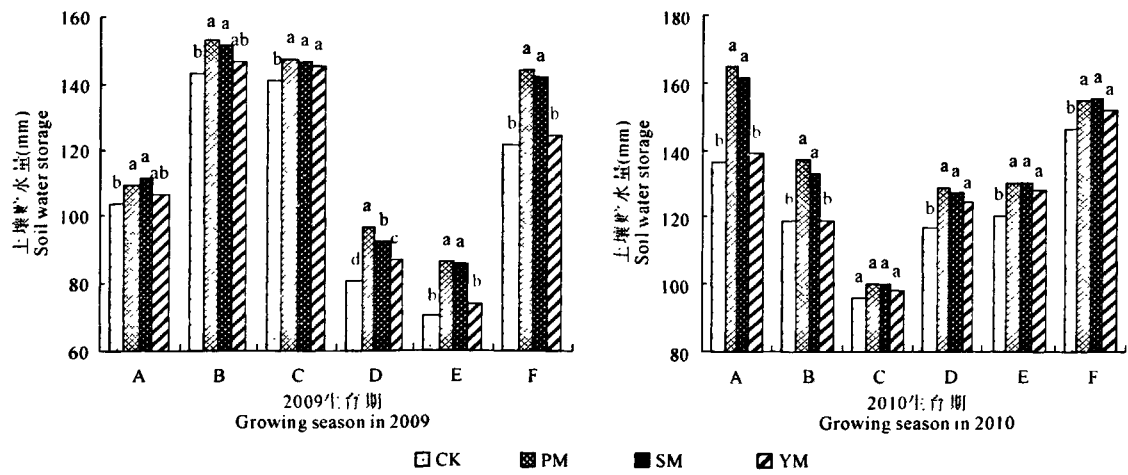


图 1 不同覆盖材料处理春玉米生育期内 0~60 cm 土层土壤贮水量变化动态

Fig.1 Soil water storage changes in 0~60 cm soil layer of different covering materials during spring crop growth period
注: A:播种期; B:拔节期; C:大喇叭口期; D:抽雄期; E:灌浆期; F:成熟期。下同。
Note: A: Sowing; B: Jointing; C: Large bell; D: Tasseling; E: Filling; F: Maturity. The same as below.

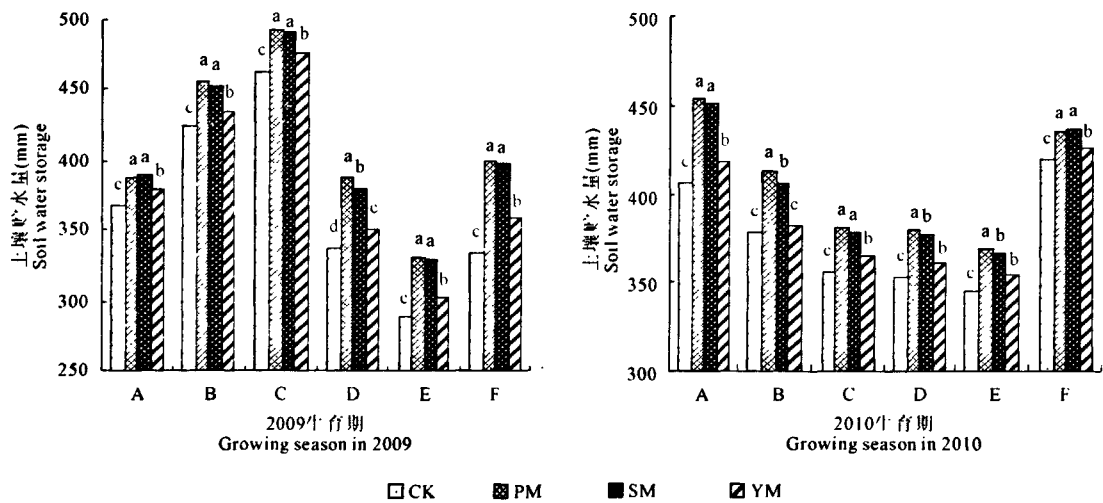


图 2 不同覆盖材料春玉米生育期内 0~200 cm 土层土壤贮水量变化动态

Fig.2 Soil water storage changes in 0~200 cm soil layer of different covering materials during spring crop growth period

2.2 不同覆盖材料处理 0~200 cm 土壤水分的垂直动态变化

如图 3 可知,玉米生育期土壤含水量受降雨和不同材料覆盖集雨效果的影响,随土层的加深而呈波动性变化。拔节期不同覆盖材料处理 0~200 cm 各土层土壤含水量均比对照 CK 明显增加,2009 年 PM 和 SM 处理分别较 CK 分别提高 8.4% 和 7.2%, 2010 年分别提高 8.7% 和 7.4%, 差异显著 ($P < 0.05$), 2a YM 处理和 CK 差异均不显著。由于受降雨的影响, 2a 不同覆盖材料处理土壤含水量的垂直变化趋势不完全一致, 2009 年 20~80 cm 土层土壤含水量高于 0~20 cm 土层, 2010 年 0~20 cm 土层土壤含水量相对较高, 120~200 cm 土层变化规律相似, 各处理土壤含水量与 CK 差异均不显著。

在大喇叭口期(图 4), 2009 年受降雨的影响较大, 各覆盖材料处理 0~200 cm 土层平均土壤含水量为 17.28%~17.9%, 对照为 16.83%; 2010 年该期干旱少雨, 各处理 0~200 cm 各土层含水量显著下降, 各覆盖材料处理土壤含水量范围为 12.86%~13.68%, CK 处理为 12.52%。2a 试验结果表明, 各覆盖材料处理 0~60 cm 土层土壤含水量与 CK 差异不显著, 60 cm 以下土层土壤含水量 PM 和 SM 处理与 CK 差异显著, YM 与 CK 差异不显著。

在抽雄期(图 5), 2009 年 PM、SM 和 YM 处理 0~200 cm 土层平均土壤含水量分别为 14.05%、13.66% 和 12.59%, 对照为 12.14%, 覆盖材料处理较 CK 均有所增加, 其中 PM 和 SM 土壤含水量较 CK 分别提高 15.7% 和 12.5%, PM 和 SM 处理 0~60 cm

土层土壤平均含水量差异显著,PM 处理较 SM 处理提高 5.4% ($P < 0.05$);2010 年,PM、SM 和 YM 处理 0~200 cm 土层平均土壤含水量分别较对照 CK 提

高 6.76%、6.36% 和 4.82%,生物降解膜虽有轻度降解,但 PM 和 SM 处理间无显著差异,其它覆盖材料处理均与 CK 差异显著。

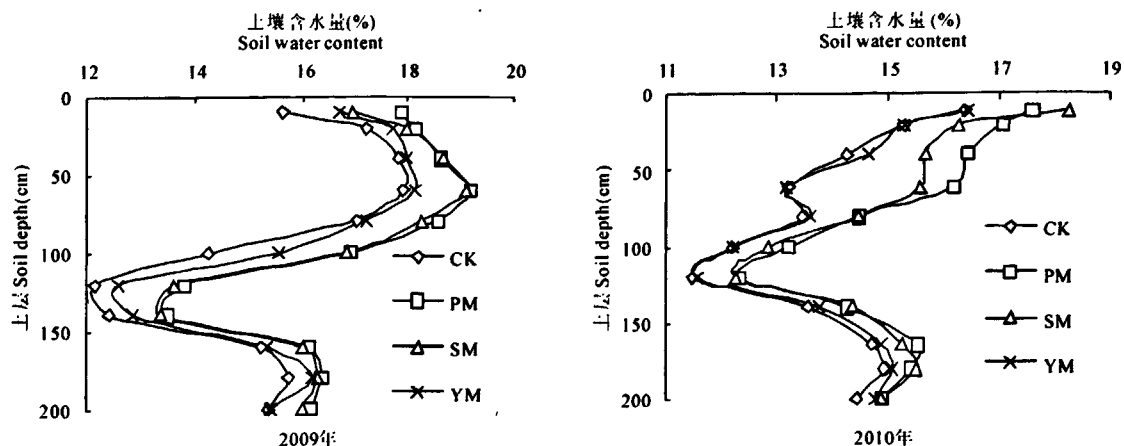


图 3 拔节期不同覆盖材料 0~200 cm 土层土壤水分含量变化

Fig.3 Changes of soil water content in 0~200 cm soil layer of different covering materials at elongation stage

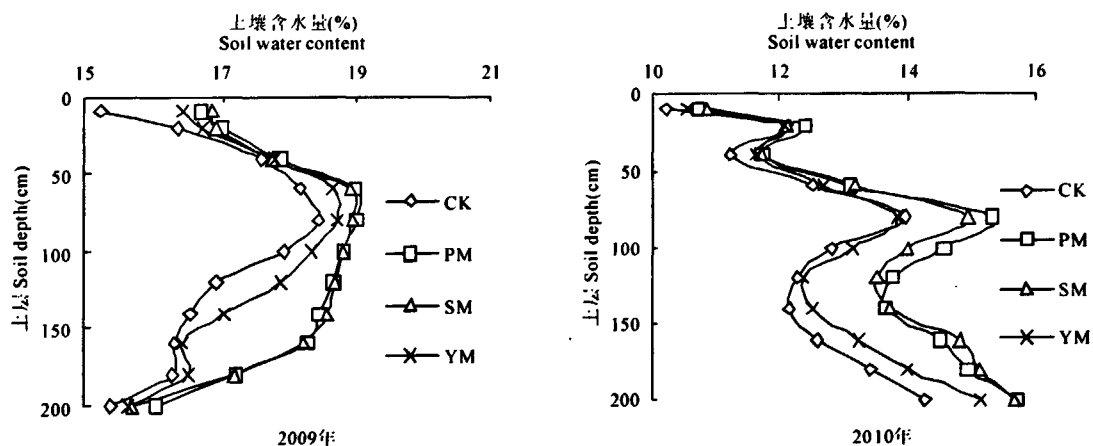


图 4 大喇叭口期不同覆盖材料 0~200 cm 土层土壤水分含量变化

Fig.4 Changes of soil water content in 0~200 cm soil layer of different covering materials at large bell stage

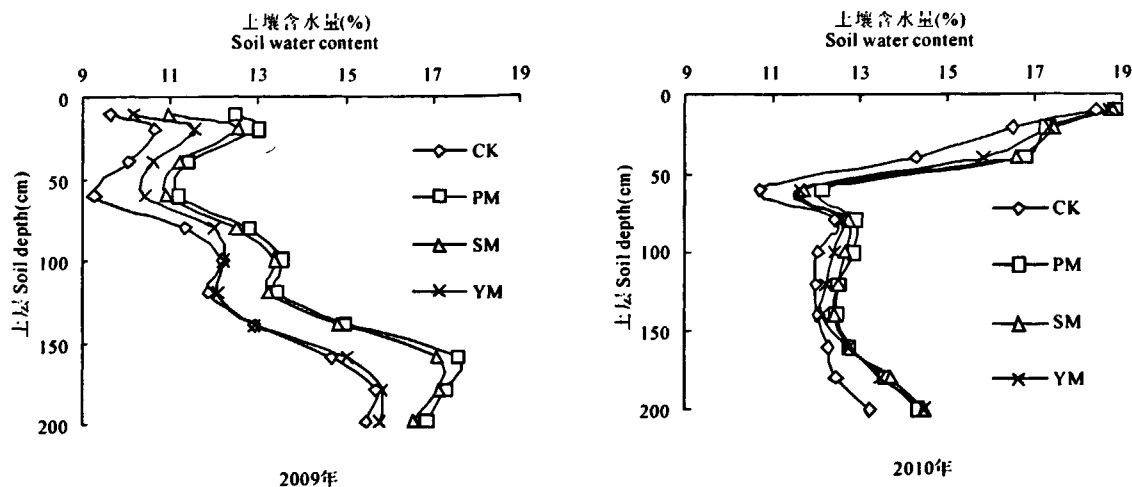


图 5 抽雄期不同覆盖材料 0~200 cm 土层土壤水分含量变化

Fig.5 Changes of soil water content in 0~200 cm soil layer of different covering materials at tasseling stage

在灌浆期(图6),2009年普通地膜老化破损严重,集雨保墒能力急剧下降,PM和SM处理0~200 cm土层土壤含水量无显著差异,PM、SM与YM、CK处理间差异显著($P < 0.05$)。2010年该期降雨增

多,使PM、SM和YM处理0~60 cm土层含水量与CK差异显著($P < 0.05$),60 cm以下土层各处理间差异不明显。

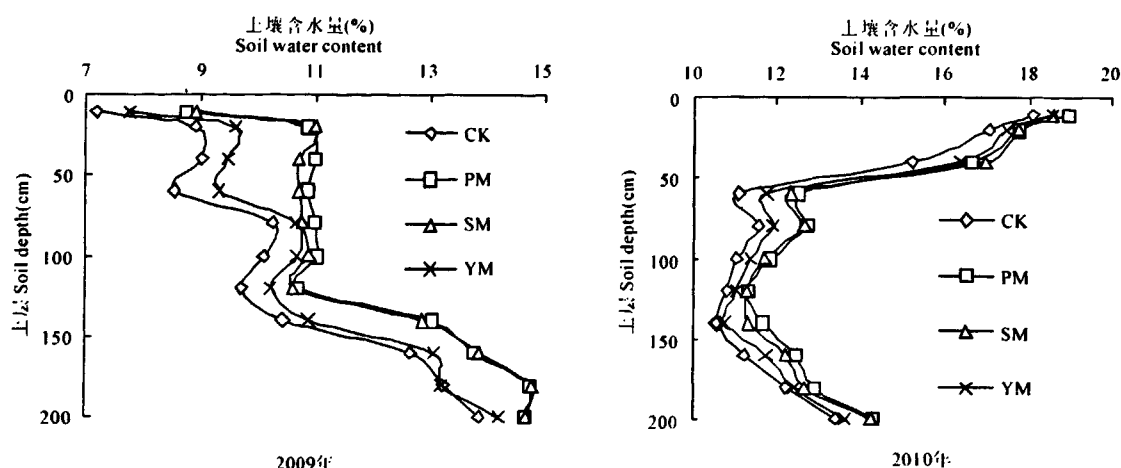


图6 灌浆期不同覆盖材料0~200 cm土层土壤水分含量变化

Fig.6 Changes of soil water content in 0~200 cm soil layer of different covering materials at grain filling stage

2.3 不同覆盖材料处理的玉米增产增收效应

2.3.1 不同覆盖材料处理对玉米产量及水分利用效率的影响 不同覆盖材料处理能够充分利用当季降雨,提高土壤水分,从而显著提高作物产量及水分利用效率(WUE)。如表2,各覆盖材料处理春玉米产量和水分利用效率均显著高于对照CK,不同年份均表现为PM和SM处理产量和水分利用效率最高,YM处理次之。2009年不同覆盖材料处理下,PM、SM和YM处理春玉米产量依次分别为11 464.61、11 424.08和10 248.74 kg/hm²,分别比CK增产17.13%、16.72%和4.7%;PM、SM和YM处理的WUE依次分别为35.06、34.66和28.45 kg/(hm²·mm),相对于CK分别提高32.6%、31.09%和7.6%,PM和SM处理与对照差异均达显著水平($P < 0.05$)。2010年不同覆盖材料处理下,PM、SM和YM处理春玉米产量依次分别为13 863.45、13 603.75和12 520.25 kg/hm²,分别较CK增产21.02%、18.75%和9.29%;PM、SM和YM处理WUE依次分别为33.92、33.62和32.69 kg/(hm²·mm),相对于CK分别提高11.80%、10.78%和7.75%。耗水量以PM处理最大,为408.72 mm,相对于对照高31.11 mm,YM处理最小(383 mm)。

从2 a平均来看,普通地膜处理的产量和水分利用效率最高,生物降解膜处理次之,液态膜处理最小。可见,普通地膜和生物降解膜起到很好的抑蒸保墒的作用,改善了土壤的水分状况,从而提高了玉米产量与水分利用率,而液态膜处理虽也提高了水

分利用效率,但效果低于普通地膜和生物降解膜处理。

2.3.2 不同覆盖材料处理对玉米经济效益的影响

由表2可知,2009年PM、SM和YM处理总投入成本分别为4 006.2、3 986.7和3 838.2元/hm²,各处理纯收益依次分别为13 190.72、13 149.42和11 534.91元/hm²,较CK增收2 047.34、2 006.04和391.53元/hm²,增收率分别为18.37%、18.00%和3.51%。2010年PM、SM和YM处理总投入成本依次分别为4 044.8、4 025.3和3 876.8元/hm²,各集雨处理纯收益依次分别为15 364.03、15 019.95和13 651.55元/hm²,较CK分别增收3 118.8、2 774.72和1 406.32元/hm²,增收率分别为25.47%、22.66%和11.48%;2 a试验结果表明,在不同覆盖材料处理下,以PM和SM处理收益最高,平均收益为14 277.38和14 084.69元/hm²,YM处理次之(12 593.23元/hm²),CK收益最低,为11 694.31元/hm²。

3 讨论

沟垄覆盖栽培模式可以有效改善作物的水分状况,增加籽粒产量,提高农田水肥利用效率^[21]。王鑫等^[22]的研究也表明,普通地膜、生物降解膜和液态地膜都能提高土壤的含水量,普通地膜和生物降解膜保墒效果相近,比露地高出2.08%,液态地膜保墒效果最差,仅比露地高出1.03%。本试验通过对不同沟垄覆盖栽培条件下春玉米田土壤水分、产

表 2 2009—2010 年不同材料覆盖春玉米田耗水量、产量与水分利用效率

Table 2 Water consumption, wheat yield and water use efficiency of different covering materials of spring crop fields in 2009—2010

年份 Year	处理 Treatments	土壤贮水量(mm) Soil water storage		生育期降雨量 Growing season rainfall (mm)	耗水量 Water consumption (mm)	产量 Yield (kg/hm ²)	水分利用效率 Water use efficiency [kg/(hm ² ·mm)]
		播前 Before sowing	收获后 After harvesting				
2009	PM	388.30	399.46	338.2	327.04	11464.61a	35.06a
	SM	389.60	398.18		329.62	11424.08a	34.66a
	YM	380.64	358.66		360.18	10248.74b	28.45b
	CK	366.24	334.30		370.14	9787.72b	26.44b
2010	PM	453.17	435.15	390.7	408.72	13863.45a	33.92a
	SM	450.44	436.37		404.77	13603.75a	33.61a
	YM	417.21	424.91		383.00	12520.25b	32.69ab
	CK	406.42	419.51		377.61	11455.50c	30.34b
平均 Average	PM	420.74	417.31	364.45	367.88	12664.03	34.49
	SM	420.02	417.28		367.20	12513.92	34.14
	YM	398.93	391.79		371.59	11384.50	30.57
	CK	386.33	376.91		373.88	10621.61	28.39

注:同一列内数据后完全不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Note: Values within the same column followed by a different letter are significantly different at 0.05 probability level.

表 3 2009—2010 年不同材料覆盖春玉米生产经济效益

Table 3 Economic benefits of different covering materials of spring crop production in 2009—2010

年份 Year	处理 Treatments	籽粒产量(kg/hm ²) Grain yield	总投入(Yuan/hm ²) Total output	产量收入(Yuan/hm ²) Yield income	纯收益(Yuan/hm ²) Net return
2009	PM	11464.61	4006.2	17196.92	13190.72
	SM	11424.08	3986.7	17136.12	13149.42
	YM	10248.74	3838.2	15373.11	11534.91
	CK	9787.72	3538.2	14681.58	11143.38
2010	PM	13863.45	4044.8	19408.83	15364.03
	SM	13603.75	4025.3	19045.25	15019.95
	YM	12520.25	3876.8	17528.35	13651.55
	CK	11301.45	3576.8	15822.03	12245.23
平均 Average	PM	12664.03	4025.5	18302.88	14277.38
	SM	12513.92	4006	18090.69	14084.69
	YM	11384.5	3857.5	16450.73	12593.23
	CK	10544.59	3557.5	15251.81	11694.31

注:投入包括种子、肥料和覆盖材料等(种子 3538.2 元/hm²; 尿素、硫酸钾和二胺价格分别为 1.6 元/kg、5.2 元/kg 和 2.7 元/kg; 地膜 468 元/hm²、生物降解膜 448.5 元/hm²、液态膜 300 元/hm²)。纯收益 = 产量收入(玉米价格为 1.5 元/kg) - 总投入。
Note: input included seeds, fertiliser, covering materials, etc (Mean maize seed price is 3557.5 Yuan/hm²; mean fertilizer price of Urea, DAP and SOP are 1.5, 2.6 and 5.2 Yuan/kg; the price of common film, biodegradable film and liquid film is 468 Yuan/hm²). Net income = Yield income (maize price is 1.5 Yuan/kg) - Total output.

量及水分利用效率的研究表明,与对照(CK)相比,各覆盖材料处理均能有效蓄存自然降水,强化入渗,进而改善农田土壤的水分状况,在 0~200 cm 土层普通地膜、生物降解膜和液态地膜 2a 的平均贮水量分别较 CK 增加 34.27 mm、31.90 mm 和 10.94 mm,与对照均达到显著水平,这与王丽萍等^[23]研究结果

相似,表明垄上覆盖地膜增加了 0~200 cm 土层的贮水量,且与对照达到显著水平。
本研究发现,玉米生育期土壤含水量受降雨和不同材料覆盖集雨效果的影响,随土层的加深而呈波动性变化,表现出明显的垂直变化规律,在玉米的不同生育阶段内,不同覆盖材料处理的土壤含水量

均比对照高,普通地膜和生物降解膜达到显著水平,而液态地膜差异不显著。王小东等^[24]研究表明,液态地膜覆盖能有效地提高土壤含水量,且显著高于对照,但随着生育期的推移,液态膜逐渐分解,保水效果减弱,但仍优于对照,这和本试验研究结果相似。

李建奇^[25]经过2 a定位试验研究得出,地膜覆盖能改善玉米生长的微生态环境,提高玉米的产量和水分利用效率,地膜覆盖比露地2 a平均增产2 486.75 kg/hm²,水分利用效率提高29.19%。王星等^[26]研究表明,覆盖普通地膜的产量比对照提高25.30%,生物降解膜与普通地膜差异不大。王鑫等^[22]用LSD法多重比较表明,液态地膜与露地产量差异不显著,而普通地膜和生物降解膜与露地产量差异达显著水平,分别比露地提高27.08%和17.8%。本研究表明,普通地膜和生物降解膜覆盖显著高于对照,2 a平均产量分别提高19.23%和17.82%,2 a平均水分利用效率分别提高21.49%和20.25%,与以上研究相似。而强小嫚等^[27]的研究表明,在旱地夏玉米采用液膜覆盖栽培模式有显著的节水增产效果。张春艳等^[28]的研究也表明,液态地膜配合沟垄处理比平作增产17.4%。液体地膜在不同区域增产效果不同,可能受区域气候和液体地膜本身质量等因素影响有关。

4 结 论

不同覆盖材料处理在玉米生育期内保水效果不同。受降雨的影响,不同覆盖材料处理0~200 cm土层土壤贮水量显著高于传统平作(对照)。普通地膜、生物降解膜和液态地膜处理0~200 cm土层2 a平均土壤贮水量分别增加了34.27、31.90 mm和10.94 mm。

玉米田0~200 cm土壤水分表现出明显的垂直变化规律,在玉米的不同生育阶段内,覆盖材料处理的土壤含水量均比对照高,普通地膜和生物降解膜达到显著水平,而液态地膜差异不显著。

普通地膜处理产量和水分利用效率(WUE)最高,2a平均值分别为12 664.03 kg/hm²和34.49 kg/(hm²·mm);生物降解膜次之,产量和水分利用效率2 a平均值分别为12 513.92 kg/hm²和34.14 kg/(hm²·mm)。普通地膜处理纯收益最高,2 a平均值为14 277.38元/hm²,生物降解膜次之,2 a平均值为14 084.69元/hm²。

可见,与对照相比,普通地膜和生物降解膜均具有良好的蓄水保墒效果和增产增收效应,因此生物

降解膜可以作为渭北旱塬较佳的覆盖栽培材料予以推广使用。

参 考 文 献:

- [1] 宋孝玉,刘贤赵,沈冰,等.陕西渭北旱塬种植业结构调整的水资源问题及对策[J].干旱区地理,2004,27(2):199-201.
- [2] 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.
- [3] 赵聚宝,李克煌.干旱与农业[M].北京:中国农业出版社,1995:254-332.
- [4] 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.
- [5] Myers L E. Harvesting precipitation[M]. Berkeley C A: Internatl Assoc For Sci Hydrol, Pub65, 1964:343-351.
- [6] Myers L E, Frasier G W, Griggs J R. Sprayed asphalt pavement: for water harvesting[J]. Proc ASCE J Irrig and Drain Div, 1967, 93 (IR3):79-97.
- [7] 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.
- [8] 郭志利,古世禄.覆膜栽培方式对谷子(粟)产量及效益的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(2):33-39.
- [9] 赵爱琴,李子忠,龚元石.生物降解地膜对玉米生长的影响及其田间降解状况[J].中国农业大学学报,2005,10(2):74-78.
- [10] 范变娥,翟耀锋,薛建勋,等.生物降解农膜与普通地膜覆盖小麦试验[J].陕西农业科学,2002,(5):13-22.
- [11] 程桂芬,刘小秧,刘渊君,等.农田地膜残片允许值的研究[J].土壤肥料,1991,(5):27-30.
- [12] 赵素荣,张书荣,徐霞.农膜残留污染研究[J].农业环境与发展,1998,(3):7-10.
- [13] 许香春,王朝云.国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J].中国麻业,2006,28(1):6-11.
- [14] 黎先发.可降解地膜材料研究现状与进展[J].塑料,2004,33(1):76-81.
- [15] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等.农用地膜残留污染现状与防治[J].农业工程学报,2006,22(11):269-272.
- [16] 张保军,朱芬萌,杨会霞.旱地地膜交小麦栽培生理特性探索[J].麦类作物,1999,19(2):49-52.
- [17] 吕江南,王朝云,易永健.农用薄膜应用现状及可降解农膜研究进展[J].中国麻业学,2007,29(3):150-156.
- [18] 封俊.可降解农用地膜的研究进展[J].现代化工,1990,10(2):8-10.
- [19] 张保军,郭立宏.浅谈我国地膜小麦的理论研究与实践应用[J].水土保持研究,2000,7(1):54-58.
- [20] 冯百利,张保军,高小利.小麦地膜覆盖栽培技术研究现状及前景展望[J].麦类作物,1998,18(4):51-54.
- [21] 任小龙,贾志宽,陈小莉.不同模拟雨量下微集水种植对农田水肥利用效率的影响[J].农业工程学报,2010,26(3):75-81.
- [22] 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.
- [23] 王丽萍,王耀福,王博武,等.覆盖集水措施对烟田土壤水分时空分布和利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):117.

- [24] 王小东,许自成,刘占卿,等.液膜覆盖对烟田土壤水热状况和烤烟生长发育的影响[J].节水灌溉,2008,(4):8-11.
- [25] 李建奇.地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J].玉米科学,2008,16(5):87-92,97.
- [26] 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.
- [27] 强小嫻,周新国,李彩霞,等.不同水分处理下液膜覆盖对夏玉米生长及产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(1):54-60.
- [28] 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,2008,25(3):227-230.

Effect of different mulching materials on arid-field soil moisture and spring maize yield in Weibei arid fields

ZHANG Hui^{1,2}, Li Juan^{1,2}, JIA Zhi-kuan^{1,2}, ZHANG Tao³, HOU Xian-qing^{1,2}, ZHANG Peng^{1,2}

(1. The Chinese Research Institute of Water-saving Agriculture in Dry Area, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Key Lab of Crop Production and Ecology, Minister of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of resources and environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: During the year 2009 to 2010, various covering ditch cultivation modes have been applied to arid fields in Weibei using common mulch, biodegradable film mulch and liquid film mulch. This research on soil moisture, yield and economic benefit lasting two successive years aimed at an analytical study on the growth and yield-promotion of spring maize. The research showed that during the full development of spring maize, employment of common mulch and biodegradable film mulch can effectively facilitate water consumption of soil. Compared to traditional cultivation (CK), for soil with its thickness from 0 to 200 cm, use of common mulch and biodegradable film mulch had increased the average water reservation capacity by 9.2% and 8.6% respectively, whereas unstable results were detected in fields with recourse to liquid film mulch. During the two-year experiment, fields with recourse to common mulch and biodegradable film mulch saw an average increase in yield: 19.23% and 17.82% ($P < 0.05$) respectively, average water use efficiency: 21.49% and 20.25%. The economic benefit brought by employment of common mulch and biodegradable film mulch was also the most evident with an average increase in net income 22.09% and 20.44%, whereas the employment of liquid film mulch saw no evident increase in yield, water use efficiency and economic benefit. A preliminary conclusion was thus reached that application of common mulch and biodegradable film mulch could significantly increase the yield and water use efficiency with no evident difference between the two treatments. Therefore, biodegradable film mulch could be employed in agricultural practice as substitution of common mulch.

Keywords: covering material; soil moisture; spring maize; yield; Weibei arid fields