

# 不同覆盖方式下春玉米田水量平衡及产量特征分析

张燕青<sup>1</sup>, 刘文兆<sup>2</sup>, 王钧强<sup>1</sup>, 贾筱文<sup>1</sup>, 李官民<sup>1</sup>

(1. 宝鸡市农业技术推广服务中心, 陕西 宝鸡 721001; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 秸秆覆盖和地膜覆盖处理对旱作玉米都具有明显的蓄水效果, 但对产量和水分利用效率的影响效应不同。春玉米田连续三年(2009—2011年)的定位覆盖试验表明, 随覆盖时间的增加, 秸秆覆盖和地膜覆盖处理的保墒效果逐渐明显, 且与不覆盖处理的差异幅度不断增大, 影响土层深度也下渗至400 cm以下。地膜覆盖处理能够显著提高玉米产量和水分利用效率, 农田耗水量较无覆盖处理增加31.75 mm, 玉米产量和水分利用效率较不覆盖处理平均提高了20.8%和11.8%。但秸秆覆盖处理的效果并不理想。

**关键词:** 春玉米; 秸秆覆盖; 地膜覆盖; 产量; 水分利用效率

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)04-0118-04

## Analysis of Water Balance and Yield Characteristics of Spring Maize under Different Mulching Patterns

ZHANG Yanqing<sup>1</sup>, LIU Wenzhao<sup>2</sup>, WANG Junqiang<sup>1</sup>, JIA Xiaowen<sup>1</sup>, LI Guanmin<sup>1</sup>

(1. Baoji Agriculture Technology Extension and Service Center, Baoji, Shaanxi 721001, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Both straw mulching and plastic film mulching had significant effects on moisture conservation, but had different influences on yield and WUE. Straw mulching and plastic film mulching experiment was carried out in the maize field in the period of 2009—2011. The results showed that with the increase of the covering duration, not only the effects on moisture conservation of straw mulching and plastic film mulching were increasingly obvious, but also the differences of amplitude were increasing compared with no mulching treatment, and the soil infiltration depth was influenced below 400 cm. Plastic film mulching could improve the yield and WUE significantly, and the water consumption increased by 31.75 mm compared with no mulching treatment, while yield and WUE were raised by 20.8% and 11.8%, respectively. Straw mulching treatment had no significant effect on increase of the yield and WUE under the similar conditions.

**Keywords:** spring maize; straw mulching; plastic film mulching; yield; water use efficiency

黄土塬区是典型的雨养农业区, 春玉米种植在当地农业生产中占据着重要地位<sup>[1]</sup>, 而玉米需要大量水分才能满足其正常生长发育, 水分是影响春玉米产量提高的主要限制因子<sup>[2]</sup>, 降雨量的多少直接影响着玉米水分利用效率和产量高低, 所以当务之急就是在雨养条件下如何有效利用有限的降水资源, 提高春玉米产量和水分利用效率。诸多研究表明地膜覆盖与秸秆覆盖处理均能促进根系生长, 提高干物质积累量<sup>[3-5]</sup>, 增加玉米产量, 提高水分利用效率<sup>[6-7]</sup>, 而卜玉山<sup>[8]</sup>等研究认为地膜与秸秆覆盖的增产作用主要表现在玉米生长前期, 对后期籽粒形成影响不明显。宋

淑亚<sup>[9]</sup>等已对该定位覆盖试验2009年度春玉米的水分利用特征和产量构成进行了分析研究, 本研究针对2009—2011年连续3 a的定位覆盖试验数据, 对春玉米田水量平衡特征进行深入的比较分析, 进一步研究地膜覆盖和秸秆覆盖分别对旱地春玉米产量和水分利用效率的影响, 为实现旱塬地区玉米高产提供科学依据和方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验布设于中国科学院长武黄土高原农业生态试

验站十里铺轮作与肥料长期定位试验场(107°44.703'E, 35°12.787'N)。位于黄土高原中南部的长武塬区,属温带半湿润大陆型季风气候,农业生产全部依赖天然降水,属于典型的旱作农业区。该区海拔 1 214 m,年均降雨 578.5 mm, >10℃ 积温 3 029℃,年均气温 9.1℃,无霜期 171 d,塬面平坦宽阔,黄土堆积深厚,土壤为黄盖粘黑垆土,肥力中等,田间持水量为 22.4%,凋萎湿度为 9%。

## 1.2 试验设计

试验为长年连续进行的定位覆盖试验,于 2008 年 10 月开始布设,从 2008 年 10 月至 2009 年 4 月播种玉米前,试验地休闲。供试春玉米品种为金穗 9 号。试验包括 3 个处理:玉米秸秆(整秆)全程覆盖(GM)、地膜覆盖(SM)和无覆盖对照(CK)处理。每个处理有 3 次重复,共 9 个小区,区组采用随机排列,小区面积 66.7 m<sup>2</sup>(10.3 m×6.5 m),区间距 0.5 m,区组距 1 m,四周保护带宽 1 m。各小区采用人工分收、测产,室内考种。本研究仅采用 2009—2011 年连续三年的试验数据进行分析。

## 1.3 测定指标与方法

1.3.1 土壤贮水量和土壤累积贮水量的测定 记录 2009—2011 年度的降水量,采用中子仪法测定土层 0—600 cm 的土壤含水量,0—100 cm 土层间隔 10 cm 测定,100—600 cm 土层间隔 20 cm 进行测定。土壤贮水量的计算公式为:

$$SWS = \sum(\Delta\theta_i \times Z_i)$$

式中:SWS——土壤贮水量; $\Delta\theta_i$ ——土壤某一层次体积含水量; $Z_i$ ——土壤层次厚度(mm); $i$ ——土壤层次。

由于试验区无地表径流,在不考虑地下水补给和

深层渗漏的情况下,分析时段内作物最大根系影响层内的土壤累积贮水量的计算公式为:

$$SW = SWS_{\text{begi}} + P$$

式中:SW——土壤累积贮水量; $SWS_{\text{begi}}$ ——分析时段之初土层的土壤贮水量; $P$ ——作物生育期大气降水量。

1.3.2 作物产量及构成因子的测定 测定项目为收获后玉米穗长、穗粗、行粒数等穗部性状以及百粒重和玉米产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 0—600 cm 土壤剖面的水分分布

连续 3 a 的春玉米定位覆盖试验的土壤水分变化规律很大。图 1 显示了 2009 年、2010 年及 2011 年连续三茬春玉米收获期在不同覆盖条件下 0—600 cm 土壤剖面水分变化。随着覆盖时间的累积,不同处理之间在土壤各层次的差异逐渐加大,尤其是秸秆覆盖处理表现出良好的蓄水保墒效果,其土壤含水量明显高于其它处理。与不覆盖相比,在试验第一年,秸秆覆盖和地膜覆盖对 200 cm 以下土壤水分分布均没有显著影响;2010 年度的秸秆覆盖处理在土层深度 250—450 cm 处的土壤含水量明显高于 CK 处理;在 2011 年度,玉米收获期各种处理的土壤水分垂直变化比较明显,较 2010 年度相比,土壤深度 150 cm 以下的土壤含水量均明显高于 CK 处理,而 PM 虽然有良好的保墒效果,但是由于在玉米生育期生长旺盛,耗水量较大,所以在 200—400 cm 土壤层次的含水量变化不明显,而 GM 与 PM 处理在 400 cm 土层以下的土壤含水量明显高于 CK 处理。

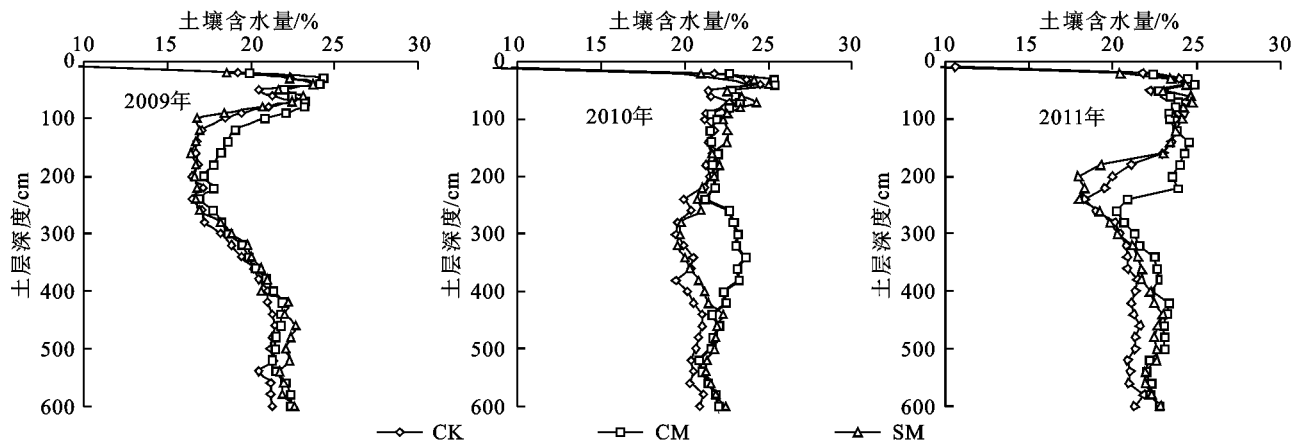


图 1 2009—2011 年度不同覆盖方式对春玉米收获期土壤水分分布的影响

连续 3 a 的春玉米定位覆盖试验表明,各处理在 0—600 cm 的土壤含水量的规律变化较大。随覆盖时间的增加,秸秆覆盖和地膜覆盖处理的保墒效果逐渐明显,且与 CK 处理的差异幅度不断增大,影响土

层深度也不断下渗至 400 cm 以下。

### 2.2 农田水量平衡及水分利用效率

表 1 显示了连续 3 a 玉米定位覆盖试验的农田水量平衡及水分利用效率。在各年度,从玉米全生育

期的耗水特性来看,秸秆覆盖处理的耗水量均低于 CK 处理,而地膜覆盖处理的农田耗水量明显高于 CK 处理。在 2009 年度,玉米整个生育期内降雨量少,CK 处理的土壤水分亏损量为 12.15 mm,而秸秆覆盖处理的保墒作用减少了玉米生育前期地表蒸发,使玉米整个生育期土壤水分盈余量为 14.55 mm,但是却阻碍了玉米苗期的正常生长,所以产量和水分利用效率低于 CK 处理;地膜覆盖处理的土壤亏损量和农田耗水量明显高于 CK 处理,这是由于地膜覆盖覆盖不仅具有良好的蓄水保墒效果,而且地膜覆盖能够促进植株的根系生长,加强根系深层吸水能力,使其生长状况优于其他处理,所以地膜覆盖

耗水量较大,产量和水分利用效率较 CK 处理分别提高 14%和 7.8%。在 2010 年度,生育期内降雨量大,秸秆覆盖处理的耗水量较 CK 减少 23.26 mm,产量较 CK 处理降低 5.8%,但水分利用效率没有明显差异;地膜覆盖处理的农田耗水量较 CK 处理增加 2.7%,但是其产量和水分利用效率较 CK 处理提高 17.7%和 14.6%。2011 年度,降雨量充足,全生育期秸秆覆盖处理农田耗水量与 CK 处理无明显变化,但是其产量和水分利用效率较 CK 处理分别降低8.2%和 7.7%;地膜覆盖处理的耗水量明显高于 CK 处理,但是其产量和水分利用效率较 CK 处理分别提高 30.7%和 13%。

表 1 2009—2011 年不同覆盖方式对春玉米农田水量平衡及水分利用效率的影响

年份	处理	土壤水分平衡项				农田耗水量/mm	粒产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	水分利用效率/ (kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )
		生育期 降雨量/mm	播种期土壤 贮水量/mm	收获期土壤 贮水量/mm	土壤贮水 量增量/mm			
2009	CK	366.6	1520.64a	1508.49a	—12.15a	378.75b	5752.25b	15.19a
	GM	366.6	1557.17b	1571.72c	14.55c	352.05a	5302.25a	15.06a
	SM	366.6	1574.28b	1539.99b	—34.30b	400.90c	6555.5c	16.35b
2010	CK	564.2	1471.33a	1624.65a	153.32a	410.88b	8410b	20.47a
	GM	564.2	1540.74b	1717.31c	176.58b	387.62a	7925a	20.45a
	SM	564.2	1524.40b	1666.82b	142.41a	421.79b	9895c	23.46b
2011	CK	499.2	1550.80a	1654.41a	103.62b	395.58a	7628.75b	19.28b
	GM	499.2	1650.72b	1756.63b	105.91b	393.29a	7001a	17.80a
	SM	499.2	1637.10b	1678.52a	41.42a	457.78b	9971.5c	21.78c

注:数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著( $p<0.05$ ),下表同。

结果说明,地膜覆盖处理具有良好的蓄水保墒效果,能够显著增强玉米植株的生长发育,并加强其根系吸水能力,极大的提高玉米产量和水分利用效率,连续 3 a 的产量和水分利用效率较不覆盖处理平均提高 20.8%和 11.8%,而全生育期秸秆覆盖处理阻碍了玉米的前期生长,进而造成玉米产量和水分利用效率的降低。

2.3 春玉米产量构成

收获后对产量的测定结果表明(表 2),在不同年度,玉米的产量均表现为 SM>CK>GM,且在

2009—2011 年度,SM 处理的产量较 CK 处理分别提高 14%,17.7%和 30.7%。但不同覆盖处理对穗部性状的影响不同。在 2009 年度,穗长表现为 GM>CK>SM,2010 年度为 CK>SM>GM,而 2011 年度的穗长表现为 SM>CK>GM。穗粗和穗行数的表现规律与穗长不一致,三年的穗粗大小和穗行数均为 SM 处理最大。行粒数在不同年度的表现不一致,但是 2009—2011 年度的百粒重分别较 CK 处理提高 11.4%,6.8%和 7.5%。

表 2 2009—2011 年不同覆盖方式下春玉米产量及构成因子的差异

年份	处理	穗长/cm	穗粗/cm	穗行数	行粒数/粒	百粒重/g	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
2009	CK	19.61b	15.71a	15.00a	45.67b	24.27b	5752.25b
	GM	19.70b	15.61a	15.13a	45.23ab	23.00a	5302.25a
	SM	18.82a	16.06a	15.47a	44.17a	27.03c	6555.5c
2010	CK	21.05b	17.92a	17.00a	42.20b	33.60a	8410b
	GM	20.21a	17.98a	17.53ab	38.53a	32.57a	7925a
	SM	20.64ab	18.63a	17.80b	41.37b	35.90b	9895c
2011	CK	18.42a	15.89a	16.13a	40.03b	25.83a	7628.75b
	GM	18.20a	15.75a	16.00a	37.83a	24.70a	7001a
	SM	18.49a	16.22a	16.67b	40.23b	27.77b	9971.5c

### 3 结论

通过连续 3 a 的春玉米定位覆盖试验表明,各处理在 0—600 cm 的土壤含水量的规律变化较大。随覆盖时间的增加,秸秆覆盖和地膜覆盖处理的保墒效果逐渐明显,且与 CK 处理的差异幅度不断增大,影响土层深度也不断下渗至 400 cm 以下。

地膜覆盖处理具有良好的蓄水保墒效果,能够显著提高玉米产量和水分利用效率。连续 3 a 的产量和水分利用效率较不覆盖处理平均提高 20.8% 和 11.8%,而秸秆覆盖处理阻碍了玉米的前期生长,影响了玉米植株在整个生育期的正常生长,进而造成玉米产量和水分利用效率的降低。

#### 参考文献:

- [1] 康绍忠. 立足国情,积极发展节水农业[J]. 科技导报, 1999(7):17-21.
  - [2] 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.
  - [3] Tolck J A, Howell T A, Evett S R. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize[J]. Soil & Tillage Research, 1999, (50):137-147.
  - [4] 王晖,刘泉汝,张圣勇,等. 秸秆覆盖下超高产夏玉米农田产量和土壤水分的动态变化[J]. 水土保持学报, 2011, 25(5):261-264.
  - [5] 王喜庆,李生秀. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响[J]. 作物学报, 1998, 24(3):348-353.
  - [6] 张俊鹏,孙景生,刘祖贵,等. 不同水分条件和覆盖处理对夏玉米籽粒灌浆特性和产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3):501-506.
  - [7] 雷金银,吴发启,王健,等. 保护性耕作对土壤物理特性及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10):40-45.
  - [8] 卜玉山,苗果园,邵海林,等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J]. 作物学报, 2006, 32(7): 1090-1093.
  - [9] 宋淑亚,刘文兆,王俊,等. 覆盖方式对玉米农田土壤水分、作物产量及水分利用效率的影响[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2):210-212.
- ~~~~~
- (上接第 117 页)
- [4] 哈学萍,丁建丽,罗江燕,等. 基于 SI-Albedo 特征空间的干旱区盐渍化土壤信息提取研究:以克里雅河流域绿洲为例[J]. 土壤学报, 2009, 46(3):381-390.
  - [5] 哈学萍,丁建丽,高婷婷,等. 基于 SI-Albedo 特征空间的土壤盐渍化遥感监测指数研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(4):698-703.
  - [6] 王飞,丁建丽,伍漫春. 基于 NDVI-SI 特征空间的土壤盐渍化遥感模型[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8):168-173.
  - [7] 丁建丽,瞿娟,孙永猛,等. 基于 MSAVI-WI 特征空间的新疆渭干河—库车河流域绿洲土壤盐渍化研究[J]. 地理研究, 2013, 32(2):223-232.
  - [8] 徐涵秋. 城市不透水面与相关城市生态要素关系的定量分析[J]. 生态学报, 2009, 29(5):2456-2462.
  - [9] 丁建丽,姚远,王飞. 基于三维光谱特征空间的干旱区土壤盐渍化遥感定量研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(5):853-861.
  - [10] 吉别克·哈力克巴义,丁建丽,谢力扎提·哈布尔,等. 干旱区土地盐渍化时空动态变化及影响因子分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4):112-116.
  - [11] 江红南,丁建丽,赵睿,等. 基于 ETM+数据的干旱区盐渍化土壤信息提取研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(2): 222-228.
  - [12] Bui E N, Henderson B L. Vegetation indicators of salinity in northern Queens land[J]. Austral Ecology, 2003, 28(5):539-552.
  - [13] 王雪梅,柴仲平. 渭干河—库车河三角洲绿洲土壤盐分对植被分布格局的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(1):219-223.
  - [14] 杨劲松,姚荣江,邹平,等. 海涂区不同植被类型下土壤盐渍剖面及其电磁感应响应特征[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10):2117-2124.
  - [15] 韩双平,荆继红,孙继朝,等. 银川北部平原土壤水分运动状态类型及水盐运移机理研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(5):148-152.
  - [16] Qi J, Chehbouni A, Huete A R, et al. A modified soil adjusted vegetation index[J]. Remote Sensing of Environment, 1994, 48(2):119-126.
  - [17] Crist E P. A TM tasseled cap equivalent transformation for reflectance factor data[J]. Remote Sensing of Environment, 1985, 17(3):301-306.
  - [18] Khan N M, Sato Y. Monitoring hydro-salinity status and its impact in irrigated semi-arid areas using IRS-1B LISS-II data[J]. Asian J. Geoinform, 2001, 1(3):63-73.