

西北旱作大豆田不同地膜覆盖模式保墒增温增产效应研究

陈其鲜^{1,2}, 王本辉³, 刘路平¹, 周德录², 韩天富¹, 吴存祥¹

(1. 中国农业科学院 作物科学研究所, 北京 100081; 2. 甘肃省农业技术推广总站, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃省庆城县农业技术推广中心, 甘肃 庆城 745600)

摘要:覆盖栽培是缓解干旱和春季低温等西北地区大豆生产制约因素的有效措施。为比较不同地膜覆盖模式在旱作大豆生产中的应用效果,本研究以中黄41为材料,选用全膜双垄沟播、全膜覆土平作、全膜平铺、半膜覆盖平作4种覆盖播种模式,以露地平作为对照,研究不同覆盖模式对土壤水分、温度及产量和效益的影响。结果表明:不同覆膜模式对大豆不同生育时期土壤含水量和温度影响明显。大豆苗期,全膜双垄沟播土壤含水量略高于全膜覆土平作和全膜平铺,显著高于半膜覆盖平作和露地平作;分枝期至结荚期,处理间土壤含水量差异更加明显,全膜覆土平作、全膜双垄沟播和全膜平铺处理的含水量分别为15.6%~16.8%、15.1%~17.1%和14.4%~16.3%,比露地平作高2.5~5.1个百分点,较半膜覆盖平作高2.0~4.2个百分点。苗期,全膜双垄沟播土壤温度较半膜覆盖平作高2.0~4.6℃,较露地平作高2.9~5.1℃;分枝期,全膜双垄沟播土壤温度较半膜覆盖平作高1.6~2.9℃,较露地平作高2.6~4.5℃;开花期,全膜双垄沟播土壤温度较半膜覆盖平作高0.9~2.3℃,较露地平作高3.5~5.2℃。地膜覆盖处理的产量均高于露地平作,其中以全膜双垄沟播最高,较露地平作增产45.78%。可见,不同覆盖模式均可起到保墒增温增产效果,其中全膜双垄沟播实现了雨水的富集叠加利用,保墒、增温效果好,增产增收效果显著。

关键词:大豆;地膜覆盖;土壤水分;温度;旱地

中图分类号:SS565.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2016.01.0058

Effects of Plastic Mulching on Soil Moisture Conservation, Temperature Improvement and Soybean Yield Increase in Dryland of Northwest China

CHEN Qi-xian^{1,2}, WANG Ben-hui³, LIU Lu-ping¹, ZHOU De-lu², HAN Tian-fu¹, WU Cun-xiang¹

(1. Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Gansu General Station of Agro-technology Extension, Lanzhou 730020, China; 3. Qingcheng Agricultural Technology Extension Center, Qingcheng 745600, China)

Abstract: Mulching is an effective way for alleviating the stresses of limiting factors including drought and low spring temperature in soybean production of Northwest China. In order to investigate the application consequences of different plastic mulching in soybean production, we used soybean cv. Zhonghuang 41 as material and conducted five mulching treatments: Full mulching on double ridges and furrows (FMDRF); Full flat-mulching with soil covering (FFMSC); Full flat-mulching with no soil covering (FFMNSC); Half flat-mulching (HFM); No mulching on flat land (NM). The comparisons were made between different mulching in the effects on soil moisture, temperature and soybean yield. The results showed that mulching had significant effect on soil moisture and temperature at various growth stages of soybean. At the seedling stages the soil moisture in FMDRF was slightly higher than in FFMSC and FFMNSC, but it was significantly higher than in HFM and NM. From branching to podding stages, differences of the treatments in soil moisture became even greater than in seedling stage. The moisture content in FFMSC, FMDRF and FFMNSC was 15.6%-16.8%, 15.1%-17.1% and 14.4%-17.1% respectively, with increasing 2.5-5.1 percentage points compared to NF and 2.0-4.2 percentage points to HFM. Concerning the soil temperature, it was 2.0-4.6℃ and 2.9-5.1℃ higher in FMDRF than that in HFM and NM at seedling stage. At branching stage, the soil temperature in FMDRF was 1.6-2.9℃ and 2.6-4.5℃ higher than in HFM and NM, respectively. At the flowering stage, it was 0.9-2.3℃ and 3.5-5.2℃ higher in FMDRF than in HFM and NM. Soybean yield in FMDRF was the highest among the treatments and it was 45.78% higher than that in NM. It could be drawn that plastic mulching improved the soil moisture and the temperature, resulting in yield increase in soybean. FMDRF performed best in soybean yield among the mulching modes because of its unique water channeling and depositing functions in dryland.

Keywords: Soybean; Plastic mulching; Soil moisture; Temperature; Dryland

干旱和低温是制约我国西北干旱、半干旱地区农业生产的主要因素之一^[1]。覆盖栽培具有明显的保墒增温效果,是西北地区广为推广的抗旱栽培措施^[1-4]。近20年来,甘肃省针对黄土高原干旱、半干旱区实际,集成地膜覆盖保水、增温^[5-6]和垄作集雨的优势^[7-8],研制出“全膜双垄沟播”等新的覆盖

收稿日期:2015-07-06
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04);公益性行业(农业)科研专项(201303011);中国农业科学院科技创新工程。
第一作者简介:陈其鲜(1979-),男,硕士,高级农艺师,主要从事作物栽培研究。E-mail: cqxwin@126.com。
通讯作者:韩天富(1963-),男,博士,研究员,主要从事大豆遗传育种和产业技术研发工作。E-mail: hantianfu@caas.cn; 吴存祥(1969-),男,博士,研究员,主要从事大豆遗传育种与栽培工作。E-mail: wucunxiang@caas.cn。

栽培模式,为提高旱作区农田水分、热量利用率提供了新的途径^[1,9-14]。研究发现,全膜覆盖特别是全膜垄沟种植能明显改善农田土壤水温生态条件,显著提高农田降水利用率及作物水分利用效率,促进作物生长发育,增产增收效果显著^[12-16]。

尽管全膜双垄沟播技术在不少作物生产中得到应用^[17],但关于旱地全膜覆盖的增产机制研究主要集中在玉米^[13-15,18-19]和马铃薯^[12]等少数作物,对大豆等作物的报道较少。近年来,随着农业结构的调整,西北地区的大豆面积不断扩大,全膜双垄沟播等地膜覆盖技术也在大豆中得到应用。明确旱地大豆覆膜的效果和机理,对于改进大豆栽培技术、提高西北地区大豆产量具有重要意义。本研究比较了全膜双垄沟播、全膜覆土平作、全膜平铺和半膜覆盖平作4种覆盖处理对大豆不同生育时期土壤水分和温度的影响,旨在筛选出适合于西北黄土高原旱作区大豆的最佳覆膜方式,为完善该地区旱作大豆栽培模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种为中黄41,由中国农业科学院作物科学研究所选育。

1.2 试验点概况

试验于2011年在甘肃省庆城县太白梁乡中合铺村进行,海拔1 280 m,E107°21',N36°07'。地块为山地梯田,东西走向,无灌溉条件,排水条件良好,是典型的陇东旱作区。该区域年平均降雨量450 mm左右,其中60%集中在7~9月,年平均气温8℃,无霜期146 d,土壤肥力中等。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,3次重复,小区面积22 m²。共设5个处理:全膜双垄沟播,全膜平铺,半膜覆盖平作,露地平作(CK)。全膜双垄沟播、全膜覆土平作、全膜平铺均采用120 cm的地膜,采用机械覆膜,覆膜后带宽为110 cm。半膜覆盖平作采用70 cm的地膜,留露地宽40 cm(不覆膜)。地膜厚度为0.008 mm,为聚乙烯农膜,由甘肃省天水塑料厂生产。

3月26日覆膜,4月30日播种。所有处理均采用穴播,穴距19 cm,每穴留苗1株,折合理论密度95 700株·hm⁻²。田间管理同大田生产。

1.4 测定项目与方法

分别在4月25日(播前)及5月15日(苗期)、6月15日(分枝期)、7月25日(开花期)、8月15日(结荚期)、9月15日(鼓粒期)和10月5日(成熟期),测定土壤水分和土壤温度。

1.4.1 土壤水分 沿大豆种植行在任意两株之间用土钻取样,每20 cm为一层,采用烘干称重法测定0~100 cm土体的土壤含水量,3次重复。在测定土壤含水量的同时,采用环刀法测定土壤容重。

1.4.2 土壤温度 测量日上午10:00,在各处理大豆株间,用曲管地温计测定土层0,5,10,15,20 cm的地温,3次重复。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖模式对大豆不同生育时期土壤水分的影响

结果表明,不同覆盖模式对大豆不同生育时期土壤含水量影响明显(表1)。

苗期:全膜覆盖的3种模式不同土层的土壤含水量较高,土层之间含水量差异不明显,趋势差异不显著。0~20 cm土层土壤含水量,全膜覆盖的3种模式较半膜覆盖平作高2.5~2.8个百分点,较露地平作高3.6~3.9个百分点;20~40 cm土层,全膜覆盖3种模式的土壤含水量较半膜覆盖平作高2.9~3.6个百分点,较露地平作高3.5~4.2个百分点。随着土层的深度增加,含水量差异减小。其中,60~100 cm土层全膜覆盖3种模式土壤含水量较半膜覆盖平作高1.8~3.0个百分点,较露地平作高3.0~3.7个百分点。

分枝期:随着生育期的推进,不同覆盖模式下土壤含水量之间的差异加大。0~20 cm土层,全膜双垄沟播较露地平作的含水量增幅从苗期的3.7个百分点增加到分枝期的5个百分点,较半膜覆盖平作的增幅从2.6个百分点增加到4.1个百分点;20~40 cm土层,全膜双垄沟播较露地平作的含水量增幅从4.0个百分点扩大到4.9个百分点,较半膜覆盖的增幅从3.4个百分点扩大到4.0个百分点。同样,不同覆盖模式40~60 cm、60~80 cm及80~100 cm土层的含水量差异也有加大趋势,其它全膜覆盖模式含水量略低于全膜双垄沟播,但绝对含水量均高于半膜覆盖和露地平作,且差异显著($P < 0.05$)。

开花期:随着降雨的出现,覆膜保水和垄沟集雨的效果显现。在各处理中,土壤含水量以全膜双垄沟播和全膜覆土平作最高,较全膜平铺不同土层高0.3~0.6个百分点,显著高于半膜覆盖和露地平作。0~20 cm土层,全膜双垄沟播土壤含水量较半膜覆盖平作高1.9个百分点,较露地平作高3.4个百分点;20~40 cm土层,全膜双垄沟播土壤含水量较半膜覆盖平作高2.6个百分点,较露地平作高3.1个百分点。随着土层深度的增加,处理间含水量差异减小。60~100 cm土层,3种全膜覆盖模式

的土壤含水量较半膜覆盖平作高 1.8~3.0 个百分点,较露地平作高 3.0~3.7 个百分点。

结荚期:随着有效降雨的增多,不同覆盖模式土层含水量的差距进一步缩小。0~20 cm 土层,3 种全膜覆盖模式的土壤含水量较半膜覆盖平作增幅缩小至不足 2 个百分点,较露地平作的增幅缩小至不足 3 个百分点,但不同覆盖方式下层土壤的含水量差异仍较大,反映出雨水对上层土壤水分的补给更多。不同土层土壤含水量总体表现为全膜双垄沟播>全膜覆土平作>全膜平铺>半膜覆盖平作>露地平作。

成熟期:随着 8、9 月份降水季节的来临,不同覆盖模式的土壤含水量都在升高。在各覆盖处理中,

不同土层含水量均以全膜双垄沟播最高,其次是全膜覆土平作,第三是全膜平铺,均显著高于半膜覆盖平作和露地平作。随着时间的推移,降水下渗,使不同覆盖模式下相同土层含水量的差异有所缩小,其中,0~20 cm 土层全膜双垄沟播含水量仅比半膜覆盖平作高 1.9 个百分点,较露地平作高 3.4 个百分点;20~40 cm 土层,全膜双垄沟播土壤含水量仅比半膜覆盖平作高 2.6 个百分点,较露地平作高 3.1 个百分点。其余土层土壤含水量,全膜双垄沟播比半膜覆盖平作高 2.8~3.5 个百分点,较露地平作高 3.7~3.9 个百分点。比较不同层次土壤含水量的变化幅度可看出,大豆成熟期下层土壤含水量的升幅高于上层土壤。

表 1 不同覆膜模式下大豆田土壤含水量的变化

Table 1 Soil moisture changes in soybean field under different plastic-film mulching modes (%)						
土层 Soil layer/cm	覆膜模式 Mulching mode	苗期(5 月 25 日) Seedling (May 25)	分枝期(6 月 15 日) Branching (June 15)	开花期(7 月 15 日) Flowering (July 15)	结荚期(8 月 15 日) Podding (August 15)	成熟期(10 月 5 日) Maturing (October 5)
0~20	FMDRF	17.5±0.15 aA	16.6±0.15 aA	17.6±0.46 aA	18.6±0.26 aA	19.5±0.15 aA
	FFMSC	17.7±0.10 aA	16.8±0.06 aA	17.6±0.36 aA	18.5±0.35 aA	19.4±0.15 aAB
	FFMNSC	17.4±0.15 aA	16.1±0.15 bA	17.1±0.47 aAB	18.0±0.21 abA	18.7±0.23 bBC
	HFM	14.9±0.12 bB	12.7±0.12 cB	15.7±0.42 bBC	17.4±0.25 bAB	18.3±0.20 bC
	NM	13.8±0.15 cC	11.8±0.31 dC	14.2±0.31 cC	16.3±0.26 cB	17.4±0.10 cD
20~40	FMDRF	17.3±0.06 aAB	15.9±0.21 aAB	17.0±0.26 aA	17.9±0.15 aA	19.1±0.17 aA
	FFMSC	17.5±0.15 aA	16.2±0.12 aA	16.9±0.44 aA	17.5±0.38 aA	18.7±0.20 aA
	FFMNSC	16.8±0.15 bB	15.4±0.10 bB	16.4±0.47 aA	17.4±0.15 aA	17.9±0.15 bB
	HFM	13.9±0.15 cC	12.2±0.15 cC	14.4±0.32 bB	15.8±0.15 bB	17.6±0.15 bBC
	NM	13.3±0.15 dC	11.3±0.15 dD	13.9±0.15 bB	15.5±0.10 bB	17.0±0.10 cC
40~60	FMDRF	16.2±0.15 abA	15.4±0.15 aAB	16.3±0.20 aA	17.2±0.15 aA	18.6±0.21 aA
	FFMSC	16.3±0.10 aA	15.9±0.21 aA	16.2±0.12 aA	16.8±0.44 abA	18.1±0.26 aA
	FFMNSC	15.9±0.15 bA	14.6±0.35 bB	15.7±0.15 bA	16.3±0.35 bA	17.0±0.10 bB
	HFM	13.5±0.15 cB	11.6±0.31 cC	13.5±0.21 cB	14.2±0.49 cB	16.2±0.25 cBC
	NM	12.9±0.15 dB	10.8±0.32 dC	12.6±0.21 dC	13.7±0.10 cB	15.9±0.15 cC
60~80	FMDRF	15.1±0.21 aA	14.2±0.21 aAB	15.2±0.56 aA	16.5±0.15 aA	17.3±0.10 aA
	FFMSC	15.2±0.15 aA	14.7±0.15 aA	15.1±0.12 aA	16.2±0.15 aA	17.1±0.15 aA
	FFMNSC	15.0±0.12 aA	13.5±0.15 bB	14.6±0.25 bA	15.4±0.10 bB	16.2±0.17 bB
	HFM	12.2±0.15 bB	10.5±0.35 cC	11.8±0.46 bB	12.6±0.15 cC	14.7±0.20 cC
	NM	11.5±0.15 cB	9.7±0.31 cC	11.3±0.26 bB	12.3±0.12 cC	14.6±0.21 cC
80~100	FMDRF	13.9±0.21 aA	13.2±0.25 bA	14.4±0.12 aA	15.4±0.12 aA	16.5±0.31 aA
	FFMSC	14.0±0.15 aA	14.2±0.06 aA	14.3±0.15 aA	15.2±0.15 aA	16.3±0.12 aA
	FFMNSC	14.3±0.06 aA	12.6±0.57 bA	13.8±0.21 aA	14.6±0.15 bB	15.3±0.06 bAB
	HFM	12.1±0.21 bB	10.2±0.35 cB	10.9±0.91 bB	11.5±0.10 cC	13.9±0.57 cBC
	NM	10.6±0.10 cC	8.9±0.42 dB	10.5±0.38 bB	11.4±0.10 cC	13.6±0.31 cC

新复极差测验在同一土层、同一时期不同覆盖处理之间进行;不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平的差异。下同。

The LSR tests were conducted among the different mulching treatments at the same sampling date and the same soil layer; different capital and lower-case letters mean significantly difference at 1% and 5% , respectively. The same below.

2.2 不同覆盖模式大豆各生育时期的土壤温度

从表 2 看出,不同生育时期全膜双垄沟播和全膜平铺不同土层的温度基本相同,略高于全膜覆土

平作,显著高于半膜覆盖平作及露地平作。地膜的增温作用显著。

表 2 不同覆膜模式下大豆田土壤温度的变化

Table 2 Soil temperature changes in soybean field under different plastic-film mulching modes						
土层 Soil layer /cm	覆膜模式 Mulching mode	苗期(5 月 25 日) Seedling (May 25)	分枝期(6 月 15 日) Branching (June 15)	开花期(7 月 15 日) Flowering (July 15)	结荚期(8 月 15 日) Podding (August 15)	成熟期(10 月 5 日) Maturing (October 5)
0	FMDRF	28.9 ±0.61 aA	33.1 ±0.55 aA	36.6 ±0.21 abA	28.3 ±0.12 aA	10.7 ±0.15 aA
	FFMSC	26.4 ±0.36 bBC	31.4 ±0.47 cAB	35.9 ±0.64 abA	27.5 ±0.32 bA	10.8 ±0.26 aA
	FFMNSC	28.1 ±0.26 aAB	32.7 ±0.42 abA	36.9 ±0.45 aA	28.5 ±0.42 aA	11.1 ±0.15 aA
	HFM	25.4 ±0.35 cCD	31.6 ±0.40 bcAB	35.7 ±0.26 bA	26.1 ±0.12 cB	8.9 ±0.47 bB
	NM	13.8 ±0.25 dD	30.5 ±0.55 cB	33.1 ±0.31 cB	24.3 ±0.40 dC	8.2 ±0.26 bB
5	FMDRF	20.7 ±0.47 aA	24.2 ±0.06 aA	27.3 ±0.26 aA	24.7 ±0.45 aA	9.9 ±0.21 abA
	FFMSC	19.2 ±0.21 bA	22.7 ±0.20 bB	26.7 ±0.26 aAB	24.2 ±0.25 aA	9.6 ±0.21 bA
	FFMNSC	20.0 ±0.30 abA	23.9 ±0.15 aA	27.3 ±0.44 aA	25.1 ±0.32 aA	10.3 ±0.15 aA
	HFM	17.5 ±0.38 cB	21.3 ±0.21 cC	25.4 ±0.38 bB	22.0 ±0.67 bB	8.1 ±0.32 cB
	NM	15.2 ±0.25 dC	20.8 ±0.36 cC	22.3 ±0.62 cC	19.5 ±0.35 cC	7.4 ±0.32 dB
10	FMDRF	16.8 ±0.20 aA	20.1 ±0.26 aA	23.5 ±0.32 aA	21.4 ±0.31 abA	10.6 ±0.25 abA
	FFMSC	15.9 ±0.21 bA	18.9 ±0.15 bB	22.9 ±0.26 aA	21.8 ±0.56 aA	10.5 ±0.15 abA
	FFMNSC	16.7 ±0.26 aA	19.8 ±0.15 aAB	23.5 ±0.30 aA	20.9 ±0.15 bA	11.2 ±0.40 aA
	HFM	14.2 ±0.15 cB	17.4 ±0.32 cC	21.2 ±0.26 bB	18.7 ±0.25 cB	10.2 ±0.44 bA
	NM	13.3 ±0.36 dB	15.6 ±0.21 dD	18.8 ±0.47 cC	16.7 ±0.26 dC	8.6 ±0.26 cB
15	FMDRF	14.7 ±0.26 aA	17.4 ±0.21 aA	17.4 ±0.15 aA	18.9 ±0.17 abA	11.7 ±0.26 abAB
	FFMSC	13.6 ±0.32 bAB	16.2 ±0.21 bB	16.2 ±0.21 bB	18.7 ±0.31 bA	11.4 ±0.25 bAB
	FFMNSC	14.5 ±0.31 abA	17.5 ±0.29 aA	17.5 ±0.29 aA	19.4 ±0.35 aA	12.1 ±0.15 aA
	HFM	12.6 ±0.60 cBC	14.9 ±0.15 cC	14.9 ±0.15 cC	16.2 ±0.21 cB	10.6 ±0.40 cBC
	NM	11.7 ±0.25 cC	13.1 ±0.32 dD	13.1 ±0.32 dD	13.5 ±0.25 dC	9.5 ±0.15 dC
20	FMDRF	14.1 ±0.31 aA	16.2 ±0.20 aA	19.2 ±0.10 aA	17.7 ±0.26 bA	12.4 ±0.31 bA
	FFMSC	13.2 ±0.26 bAB	15.4 ±0.35 bA	18.6 ±0.31 bA	17.9 ±0.25 bA	12.3 ±0.25 bA
	FFMNSC	13.9 ±0.20 abA	16.3 ±0.21 aA	19.3 ±0.15 aA	18.7 ±0.25 aA	13.0 ±0.25 aA
	HFM	12.1 ±0.21 cBC	14.0 ±0.25 cB	17.2 ±0.26 cB	15.5 ±0.25 cB	11.2 ±0.17 cB
	NM	11.2 ±0.56 dC	12.7 ±0.40 dB	14.0 ±0.15 dC	13.1 ±0.31 dC	10.2 ±0.15 dB

苗期:0 cm 土层,全膜双垄沟播、全膜平铺和全膜覆土平作温度分别较半膜覆盖平作高 2.2,2.4 和 1.4℃,较露地平作分别高 4.0,4.2 和 3.2℃;5 cm 土层,全膜双垄沟播、全膜平铺和全膜覆土平作温度分别较半膜覆盖平作高 2.7,3.1 和 2.2℃,较露地平作高 5.2,5.6 和 5.7℃;10~20 cm 土层,3 种全膜覆盖模式温度较半膜覆盖平作高 2.2~3.5℃,较露地平作高 3.2~5.9℃。

分枝期:0~20 cm 土层,全膜双垄沟播平均温度最高,达 22.2℃,较半膜覆盖平作和露地平作分别高 2.36 和 3.66℃。全膜平铺为 22.04℃,全膜覆土平作为 20.92℃,而半膜覆盖平作和露地平作仅分别为 19.84 和 18.54℃。随着气温的升高,大豆分枝期不同覆盖模式不同耕层温度都在升高,其中,半膜覆盖平作和露地平作的升幅加快,致使不同覆盖模式土层温度差距较苗期缩小。

开花期:0~20 cm 土层平均温度达到各时期最大值,其中,全膜双垄沟播、全膜覆土平作和全膜平铺平均温度为 24.68~25.42℃,相差不到 1℃,但较半膜覆盖平作高 1.16~1.9℃,较露地平作分别高 4.06~4.8℃。

结荚期:大豆封垄后,太阳不能直射地表,遮阴效果开始显现。0~20 cm 土层平均温度呈下降趋势,以表层下降较快,而深层下降不明显。全膜双垄沟播、全膜覆土平作和全膜平铺 0~20 cm 土层平均温度为 22.1~22.5℃,而半膜覆盖平作和露地平作分别为 19.7 和 17.4℃,3 种全膜覆盖模式较半膜覆盖平作高 2.4~2.8℃,较露地平作高3.7~5.1℃。

成熟期:大豆结荚后,随气温降低,各种覆盖模式 0~20 cm 土层平均温度开始大幅下降。从结荚期到成熟期,全膜双垄沟播地表温度从 22.2℃下降到 11.1℃,5 cm 耕层土壤温度从 24.7℃下降到

9.9℃, 10 cm 耕层土壤温度从 21.4℃ 下降到 10.6℃,其它各层也随之降低,但深层降幅低于表层。从总体看,全膜双垄沟播 0~20 cm 耕层土壤温度均高于半膜覆盖平作和露地平作。

2.3 不同覆盖模式下大豆的产量和效益分析

从表 3 中可以看出,各处理大豆产量差别很大,顺序为:全膜双垄沟播 > 全膜覆土平作 > 全膜平铺 > 半膜覆盖平作 > 露地平作。全膜双垄沟播处理产量位居第一,为 3 490.8 kg·hm⁻²,较半膜覆盖平

作高 32.4%,较露地平作高 45.78%,差异极显著 ($P<0.01$);全膜覆土平作产量位居第二,较半膜覆盖平作增产 688.5 kg·hm⁻²,增幅达 26.1%,较露地平作增幅达 39.05%,差异极显著 ($P<0.01$);全膜平铺产量位居第三位,较露地平作增产 36.12%,差异极显著 ($P<0.01$);半膜覆盖平作产量位居第四,较露地平作增产 10.27%,差异显著。全膜双垄沟播产量也显著高于全膜覆土平作和全膜平铺处理 ($P<0.05$)。

表 3 不同覆盖模式下大豆的产量和效益

Table 3 Soybean yield and benefit in different mulching modes

覆膜模式 Mulching mode	产量 Yield /kg·hm ⁻²	籽粒产值 Value of the seeds /yuan·hm ⁻²	副产物产值 By-product value /yuan·hm ⁻²	成本 Cost /yuan·hm ⁻²	纯收益 Net income /yuan·hm ⁻²	增幅 Increase /%
全膜双垄沟播 FMDRF	3491.1 ± 59.33 aA	17455.5	4188.0	7950.0	13693.5	74.4
全膜覆土平作 FFMSC	3322.9 ± 49.17 abA	16614.5	3988.5	7875.0	12728.0	62.2
全膜平铺 FFMNSC	3254.7 ± 76.38 bA	16273.5	3906.0	7875.0	12304.5	56.8
半膜覆盖平作 HPM	2636.5 ± 44.15 cB	13182.5	3165.0	7575.0	8772.5	11.8
露地平作 NM	2391.0 ± 60.53 dB	11955.0	2869.5	6975.0	7849.5	—

大豆单价按 5.0 元·kg⁻¹、副产物(秸秆)按照 0.6 元·kg⁻¹ 计算;成本主要包括物资投入和劳动力投入。
Soybean and by-product price was 5.0 Yuan·kg⁻¹ and 0.6 Yuan·kg⁻¹ in accordance with the local price respectively; costs mainly included the input materials and labors.

对比各覆盖方式的经济效益得出,全膜双垄沟播纯收益最高,为13 693.5 元·hm⁻²,较露地平作纯收益增加5 844 元·hm⁻²,增幅达 74.4%;其次为全膜覆土平作,纯收益为12 728.0 元·hm⁻²,较露地平作纯收益增加4 878.5 元·hm⁻²,增幅 62.2%;第三为全膜平铺,较露地平作纯收益增加4 455 元·hm⁻²,增幅 56.8%;半膜覆盖平作和露地平作收益较低,分别为8 772.5 元·hm⁻²和7 849.5·hm⁻²。从纯收益看,全膜双垄沟播 > 全膜覆土平作 > 全膜平铺 > 半膜覆盖平作 > 露地平作。

3 结论与讨论

地膜覆盖栽培技术在中国大面积推广应用已有 30 多年,对于旱、半干旱地区作物的稳产、高产起到了巨大推动作用^[1-2]。近年甘肃省研发的全膜双垄沟播技术集成覆膜与垄作的优势,使降水利用率大幅度提高,显著提升了黄土高原旱作区玉米、马铃薯等主要作物的生产能力^[6-7,9-10]。大量研究表明,垄膜沟播使垄面膜上自然降雨向沟内富集,有效地集蓄自然降水,改善土壤水分状况,能显著提高水分利用效率及作物产量^[1,12-16]。

本研究结果显示,不同覆膜模式下大豆不同生

育时期 0~100 cm 土层土壤水分含量存在明显差异,3 种全膜覆盖模式在相同时期、相同土层的土壤含水量均高于半膜覆盖和露地平作,且全膜双垄沟播的效果优于其它全膜覆盖模式。该方法由于发挥了大小双垄的集雨作用,能将 10 mm 以下的无效降水有效叠加利用,增加土壤中水分的含量,提高了天然降水利用率,保证了大豆植株的正常生长发育,可有效保证旱地大豆苗期、分枝、花期和结荚期对水分的需求,对提高产量具有重要作用。鼓粒期~成熟收获期,随着降雨量的增加,全膜双垄沟播处理的土壤水分含量仍高于全膜覆土平作和全膜平铺。

在大豆苗期、分枝期和开花期,不同覆盖模式下土层温度的总体规律表现为:全膜双垄沟播 > 全膜平铺 > 全膜覆土平作 > 半膜覆盖平作 > 露地平作,几种全膜覆盖模式土壤温度差距不大,但与半膜覆盖和露地差距显著,可见地膜增温作用显著。结荚后大豆群体封垄,加之初秋云量增多,太阳照射不到地面,土壤温度随之逐渐降低,但覆膜处理表现出一定的保温效果,不同处理 0~20 cm 土壤温度为:全膜双垄沟播 > 全膜平铺 > 全膜覆土平作 > 半膜覆盖平作 > 露地平作。本研究中发现的全膜

双垄沟播对大豆田的保水增温增产作用与前人在玉米、马铃薯等作物中的研究结果基本一致^[12-15,18-19]。可见,采用全膜双垄沟播植技术,能大幅度提高旱地大豆产量和种植效益,是干旱半干旱农业区大豆种植的良好技术模式。随着配套农机具的研制成功,可一次完成起垄和覆膜作业,大幅度提高生产效率。

参考文献

[1] Chai Q, Gan Y, Turner N C, et al. Water-saving innovations in Chinese agriculture [J]. *Advance in Agronomy*, 2014, 126: 149-202.

[2] 张德奇, 廖允成, 贾志宽. 旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J]. *干旱地区农业研究*, 2005, 23(1): 208-213. (Zhang D Q, Liao Y C, Jia Z K. Research advances and prospects of film mulching in arid and semi-arid areas [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2005, 23(1): 208-213.)

[3] 张杰, 贾志宽, 李国玲, 等. 不同材料地膜覆盖对玉米生物学性状的影响[J]. *西北农林科技大学学报*, 2010, 38(12): 135-142. (Zhang J, Jia Z K, Li G L, et al. Influence of different mulching materials on biological the characteristics of corn [J]. *Journal of Northwest Agricultural and Forestry University*, 2010, 38(12): 135-142.)

[4] 王树森, 邓根云. 地膜覆盖增温机制研究[J]. *中国农业科学*, 1991, 24(3): 74-78. (Wang S S, Deng G Y. A study on the mechanism of soil temperature increasing under plastic mulch [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1991, 24(3): 74-78.)

[5] 张淑芳, 柴守玺, 蔺艳春, 等. 干旱年份地膜覆盖模式对春小麦土壤水分和产量的影响[J]. *中国农业气象*, 2011, 32(3): 368-374. (Zhang S F, Chai S X, Lin Y C, et al. Effects of plastic film mulching patterns on soil moisture and spring wheat yields in drought years [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2011, 32(3): 368-374.)

[6] 宋秉海. 旱地地膜玉米“贫水富集”种植模式研究[J]. *中国生态农业学报*, 2006, 14(3): 93-95. (Song B H. Study on planting models of rainwater harvesting technique of mulched maize in arid areas [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(3): 93-95.)

[7] 曹玉琴, 刘彦明, 王梅春, 等. 旱作农田沟垄覆盖集水栽培技术的试验研究[J]. *干旱地区农业研究*, 1994, 12(1): 74-78. (Cao Y Q, Liu Y M, Wang M C, et al. Test study of cultivation technique of water collection by ridge and furrow mulching rainfed farmlands [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1994, 12(1): 74-78.)

[8] 薛俊武, 任稳江, 严昌荣. 覆膜和垄作对黄土高原马铃薯产量及水分利用效率的影响[J]. *中国农业气象*, 2014, 35(1): 74-79. (Xue J W, Ren W J, Yan C R. Effects of plastic film mulching and ridge planting on yield and water use efficiency of potato in Loess Plateau [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 2014, 35(1): 74-79.)

[9] 杨祁峰, 孙多鑫, 熊春蓉, 等. 玉米全膜双垄沟播栽培技术[J]. *中国农技推广*, 2007, 23(8): 20-21. (Yang Q F, Sun D X, Xiong C R, et al. Technology of whole plastic-film mulching

on double ridges and planting in catchment furrows of corn [J]. *China Agricultural Technology Extension*, 2007, 23(8): 20-21.)

[10] 杏东, 强世军. 甘肃省不同旱作区全膜双垄沟播玉米增产效果研究[J]. *甘肃农业科技*, 2009(8): 9-12. (Xing D, Qiang S J. Effects of ditch sowing in corn eouble ridge mulched with plastic films in different dryland areas of Gansu [J]. *Gansu Agriculral Science and Technology*, 2009, (8): 9-12.)

[11] Li R, Hou X Q, Jia Z K, et al. Effects on soil temperature, moisture, and maize yield of cultivation with ridge and furrow mulching in the rained area of the Loess Plateau, China [J]. *Agricultural Water Management*, 2013, 116: 101-109.

[12] Zhao H, Wang R Y, Ma B L, et al. Ridge-furrow with full plastic film mulching improves water use efficiency and tuber yields of potato in a semiarid rainfed ecosystem [J]. *Field Crops Research*, 2014, 161: 137-148.

[13] Liu X E, Li X G, Hai L, et al. How efficient is film fully-mulched ridge-furrow cropping to conserve rainfall in soil at a rain-fed site? [J]. *Field Crops Research*, 2014, 169: 107-115.

[14] Jiang X, Li X G. Assessing the effects of plastic film fully mulched ridge-furrow on rainwater distribution in soil using dye tracer and simulated rainfall [J]. *Soil & Tillage Research*, 2015, 152: 67-73.

[15] 杨祁峰, 岳云, 熊春蓉. 不同覆膜方式对粮饲兼用玉米田土壤温度的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(5): 71-75. (Yang Q F, Yue Y, Xiong C R. Soil temperature variation in the dual-purpose corn field under different plastic film mulching modes [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27(5): 71-75.)

[16] 刘广才, 杨祁峰, 李来祥, 等. 旱地玉米全膜双垄沟播技术土壤水分效应研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(6): 18-28. (Liu G C, Yang Q F, Li L X, et al. Study on soil water effects of the techniques of whole plastic-film mulching on double ridges and planting in catchment furrows of dryland corn [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, , 26(6): 18-28.)

[17] 马银香, 柳碗学, 杜晓霞. 蚕豆全膜双垄覆盖沟播栽培技术效应及配套技术研究-以宁夏隆德县为例[J]. *宁夏农林科技*, 2013, 54(6): 74-76. (Ma Y X, Liu W X, Du X X. Effect of whole plastic-film mulching on double ridges ditch sowing and matched techniques for vicia faba taking longde county, Ningxia as an example [J]. *Ningxia Journal of Agriculture and Forest Science and Technology*, 2013, 54(6): 74-76.)

[18] 杨祁峰, 岳云, 熊春蓉, 等. 不同覆膜方式对陇东旱原玉米田土壤温度的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(6): 29-33. (Yang Q F, Yue Y, Xiong C R, et al. Influence of different approaches of plastic film mulching on soil temperature of maize field in dry plateau of Longdong [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26(6): 29-33.)

[19] 张雷, 牛芬菊, 李小燕, 等. 旱地全膜双垄沟播秋覆膜对玉米产量和水分利用率的影响[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(22): 142-145. (Zhang L, Niu F J, Li X Y, et al. Effects of planting in furrow and whole plastic-film mulching on double ridges in autumn on yield index of corn production and water use efficiency in dry lands [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(22): 142-145.)