

## 覆膜方式对不同生态区大豆产量和水分利用效率的影响

周德录, 刘广才\*, 李城德, 尤艳蓉, 李圆, 李博文  
(甘肃省农业技术推广总站, 兰州 730020)

**摘要:**全膜微垄沟播种植技术是在全膜双垄沟播技术的基础上创新研发的一种集覆盖抑蒸、垄面集雨、垄沟种植为一体的新型地膜覆盖技术。**【目的】**明确西北半干旱雨养区地膜覆盖条件下旱地大豆在不同生态区产量的差异。**【方法】**于2014—2016年进行大田定位试验,以露地无覆盖(CK)为对照,设置了3种覆膜方式,分别为全膜微垄沟播(T1)、全膜双垄沟播(T2)、全膜覆土穴播(T3),研究半湿润偏旱区、半干旱区、半干旱偏旱区3种不同生态区地膜覆盖对大豆产量及水分利用效率的影响。**【结果】**与CK相比,在3个生态区均以T1处理产量最高,T2处理次之,T3处理最低;其中全膜微垄沟播不同生态区比较:半湿润偏旱区>半干旱区>半干旱偏旱区,分别较露地无覆盖CK增产58.5%、78.1%和95.3%;水分利用效率分别较CK提高65.9%、57.6%和56.1%。尤其在年降雨量500~600 mm生态区全膜微垄沟播增产效应最明显,平均产量达到4 318.2 kg/hm<sup>2</sup>,最高达到4 353.3 kg/hm<sup>2</sup>,较CK增产58.5%。**【结论】**大豆全膜微垄沟播种植技术在西北半干旱雨养区,增产效果明显,其推广应用可有效提高该区降水资源的高效利用,实现旱作雨养区大豆稳产高产。

**关键词:**半干旱雨养区;全膜微垄沟;产量;经济效益;大豆

中图分类号:S31;S565

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.20180244

周德录,刘广才,李城德,等. 覆膜方式对不同生态区大豆产量和水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报,2019,38(3):22-27.

### 0 引言

半干旱雨养区由于降水量少、降水时空分布不均,是限制该区域农业发展的关键因素之一<sup>[1]</sup>。如何采用有效保墒措施,增加土壤水库有效贮水量,提高无效降水的利用,提高作物的产量和水分利用效率已成为旱作农业研究的热点内容。地膜覆盖具有保墒增温、减少土壤蒸发、提高土壤水的有效性,增加作物蒸腾蒸发比,从而提高作物的耗水量和产量<sup>[2-5]</sup>,是促进旱作农业发展的关键技术,已在我国大面积推广应用,显著提高了作物产量<sup>[6-7]</sup>。世界80%以上的大豆(*Glycine max*)用于榨油,榨油后的大豆饼粕含有50%左右的蛋白质,是优质的饲料来源<sup>[8]</sup>。同时,大豆亦是重要的轮作、间作作物,其对培肥地力、提高间作作物水分、养分利用效率具有重要的生态经济效益<sup>[9-12]</sup>。目前,由于我国对大豆的需求旺盛,进口数量呈迅猛增长态势,已突破8 000万t,自给率不足13%。进口大豆过多,对我国粮食安全造成威胁<sup>[13]</sup>。在耕地资源日趋紧张的情况下,依靠增加面积发展我国大豆产业是不现实的,改进栽培技术水平、提高旱地水分和肥料利用效率、增加单产是实现大豆增产的有效途径<sup>[14-16]</sup>。

甘肃旱作农业区生态类型多样、降水季节分布不均、年际变化大,极易发生春旱、农田产量低而不稳。旱作大豆面积大、单产低,但增产潜力巨大,以往关于旱地大豆的研究主要集中在露地和半膜覆盖栽培上,而缺乏对旱地大豆全膜覆盖条件下的集雨保墒技术的研究。因此,研究了旱地雨养区不同生态区不同地膜覆盖方式对大豆产量的影响,以期对旱作区大豆高产稳产提供理论依据。

收稿日期:2018-05-02

基金项目:旱地大豆全膜覆盖降水高效利用关键技术研究与示范项目(GNKJ-2013-35)

作者简介:周德录(1962-),男,甘肃秦安人。高级农艺师,主要从事旱作农业方面研究和农业技术推广工作。E-mail: 610604872@qq.com

通信作者:刘广才(1966-),男,甘肃镇原人。研究员,博士,主要从事旱作农业、耕作栽培及植物营养等方面研究和农业技术推广工作。

E-mail: lgc633@163.com

# 1 材料与方

## 1.1 试验区概况

试验设在甘肃省中东部3个生态区9个代表性的旱作区。其中,半干旱偏旱区(年降水量300~400 mm)设置在环县耿湾乡、通渭县平襄镇、会宁县中川乡;半干旱区(年降水量400~500 mm)设置在庆城县玄马镇、庄浪县南坪乡、崆峒区草峰镇;半湿润偏旱区(年降水量500~600 mm)设置在泾川县太平乡、宁县南义乡、灵台县什字镇。海拔1 108~1 820 m,无霜期120~180 d,年平均气温6.7~9.9 °C,日照时间2 762~3 387 h,≥10 °C的有效积温为2 175~3 354 °C,年降雨量350~600 mm。土壤为黑垆土。前茬为春玉米。耕层土壤有机质量10.9~16.7 g/kg,全氮量0.68~0.98 g/kg,碱解氮量38.7~46.1 mg/kg,速效磷量15.6~20.2 mg/kg,速效钾量119.4~154.2 mg/kg。

## 1.2 试验设计

试验为2014—2016年定位试验,以露地无覆盖为对照(CK),试验设3个处理,分别为:全膜微垄沟播(T1)、全膜双垄沟播(T2)、全膜覆土穴播(T3)。其中,T1处理:垄宽50 cm、垄高5~10 cm,用厚度0.01 mm、宽120 cm的地膜全地面覆盖,膜与膜相接处在垄面中间位置,沟内穴播;T2处理:小垄宽40 cm,垄高15~20 cm,大垄宽70 cm,垄高10~15 cm,使大小垄相接处形成播种沟,全地面覆盖,沟内播种;T3处理:地膜全地面覆盖,上面均匀撒一层1 cm左右的薄土,人力穴播机播种;CK:露地无覆膜,等行距种植。覆膜处理均为顶凌覆膜,其中,T1、T3处理和CK的行距均为50 cm,T2处理的平均行距为55 cm;穴距15~18 cm,每穴播2粒,播种量60~90 kg/hm<sup>2</sup>,播种深度3~4 cm,密度均为13.3万穴/hm<sup>2</sup>,保苗20.0万株/hm<sup>2</sup>。

供试品种:半干旱偏旱区、半干旱区、半湿润偏旱区不同区域分别选择中黄35、冀豆17、中黄42。按当地适宜的播种期4月下旬—5月上旬播种(耕层土壤日平均温度达8~10 °C),覆膜处理较CK推迟3~5 d播种,当茎和荚全部变黄、荚中籽粒变硬、籽粒与荚壁脱离时收获。

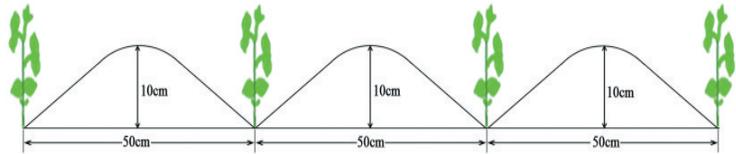


图1 全膜微垄沟播示意图

小区面积均为27 m<sup>2</sup>(6 m×4.5 m),3次重复,随机区组排列。同一区域各处理施肥量相同,不同旱作区施肥量如表1。全部肥料于播前混合均匀撒在地表一次深耕翻入做底肥,生育期不追肥。

表1 不同旱作区降水量及施肥水平

旱作区	生育期平均降水量/mm	施肥水平/(kg·hm <sup>-2</sup> )		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
半干旱偏旱区	249.9	90	90	30
半干旱区	318.9	105	105	35
半湿润偏旱区	379.8	120	120	40

## 1.3 测定项目

### 1.3.1 土壤水分测定

播种前、成熟期0~20、20~40、40~60、60~80、80~100、100~120、120~140、140~160、160~180、180~200 cm土层分别取土样,采用烘干法测定土壤质量含水率,并据此计算土壤贮水量,其计算式为:

$$W=h \times \rho \times \omega \times 10, \quad (1)$$

式中:W为土壤贮水量(mm);h为土层深度(cm);ρ为土壤体积质量(g/cm<sup>3</sup>);ω为土壤质量含水率(%)。

农田耗水量的计算:

$$ET=(W_1-W_2)+P, \quad (2)$$

式中:ET为作物生育期耗水量(mm);P为作物生育期≥5 mm有效降雨量(mm);W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>分别为播前和收获时的土壤贮水量(mm)。

水分利用效率的计算式为:

$$WUE=DY/ET, \quad (3)$$

式中:WUE为水分利用效率(kg/(hm<sup>2</sup>·mm));DY为作物产量(kg/hm<sup>2</sup>)。

### 1.3.2 考种和测产

成熟期各小区取5株进行考种。测定株高、单株分枝数、单株结荚数、每荚粒数、单株粒数、经济系数、百粒质量等生物学性状。按小区收获,单打单收,测定生物产量和籽粒产量。

### 1.4 数据处理

采用Excel 2016进行数据处理,利用SPSS 20.0软件进行方差分析和多重比较,5%或1%显著水平。

## 2 结果与分析

### 2.1 半干旱偏旱区地膜覆盖大豆的增产效应

与CK相比,在年降雨300~400 mm半干旱偏旱区,3种地膜覆盖模式均能显著提高大豆的产量(0.01水平)(表2),其中以T1处理增产效应最为明显,T2处理次之,T3处理第3,分别较CK平均增产95.3%、84.2%和73.1%。试点间比,各处理间以环县差异最大,通渭次之,会宁最小,变异系数分别为27.3%、26.4%和25.6%,最大差异率分别是100.7%、95.5%和90.4%。方差分析表明,半干旱偏旱区决定大豆产量高低主要因素是单荚粒数(0.992\*\*),其次是单株荚数(0.988\*)和百粒质量(0.984\*)。

### 2.2 半干旱区地膜覆盖大豆的增产效应

在年降雨400~500 mm的半干旱区,3种覆膜模式单产较半干旱偏旱区明显增加(表2、表3),较CK也明显提高,但增产幅度低于半干旱偏旱区。3种覆膜方式也以T1处理产量最高,较T2、T3处理、CK平均增产量分别为173.5、349.0、1 508.5 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为5.3%、11.3%、78.1%;T2处理次之,较T3处理、CK增产量分别为175.5、1 335.0 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为5.7%、69.1%;T3处理大豆增产量和增产幅度相对较小,较CK增产量为1 159.5 kg/hm<sup>2</sup>,增产率为60.0%。试点间比,处理间差异顺序依次为庆城(CV,24.0%)>庄浪(CV,23.5%)>崆峒(CV,22.3%),其最大差异率分别为82.1%、79.3%和73.5%。经相关系数分析,半干旱区决定大豆产量高低主要因素是单株荚数(0.986\*)和单荚粒数(0.978\*),与百粒质量关系不密切。

表2 半干旱偏旱区不同种植方式对大豆产量的影响

处理	各试验点产量/(kg·hm <sup>2</sup> )			平均产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	增产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	增产率/%	平均单株 荚数/个	平均单荚 粒数/粒	平均百粒 质量/g
	环县	通渭	会宁						
T1	2 718.0**	2 850.0**	2 956.5**	2 841.5**	1 386.5	95.3	46.6*	1.9*	19.2*
T2	2 557.5**	2 682.0**	2 802.0**	2 680.5**	1 225.5	84.2	46.0*	1.9*	18.3*
T3	2 400.0**	2 512.5**	2 643.0**	2 518.5**	1 063.5	73.1	45.8*	1.8*	18.2*
CK	1 354.5	1 458.0	1 552.5	1 455.0			35.1	1.5	16.1
平均	2 257.5	2 375.6	2 488.5						
CV/%	27.3	26.4	25.6						
PR/%	100.7	95.5	90.4						

注 \*和\*\*分别表示达到5%和1%的显著水平,CV为变异系数,PR为最大差异率,下同。

表3 半干旱区不同种植方式对大豆产量的影响

处理	各试验点产量/(kg·hm <sup>2</sup> )			平均产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	增产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	增产率/%	平均单株 荚数/个	平均单荚 粒数/粒	平均百粒 质量/g
	庆城	庄浪	崆峒						
T1	3 277.5**	3 402.0**	3 643.5**	3 441.0**	1 508.5	78.1	46.9*	2.1	20.8*
T2	3 111.0**	3 232.5**	3 459.0**	3 267.5**	1 335.0	69.1	46.8*	2.1	19.8*
T3	2 925.0**	3 064.5**	3 286.5**	3 092.0**	1 159.5	60.0	46.3*	2.1	18.8*
CK	1 800.0	1 897.5	2 100.0	1 932.5			35.7	1.8	17.5
平均	2 778.4	2 899.1	3 122.3						
CV/%	24.0	23.5	22.3						
PR/%	82.1	79.3	73.5						

### 2.3 半润湿偏旱区地膜覆盖大豆的增产效应

与CK相比,在半湿润偏旱区(年降雨500~600 mm),覆膜能明显提高大豆产量(表4),但增产幅度明显低于半干旱偏旱区和半干旱区。3种覆膜方式也以T1处理产量最高,较T2、T3处理、CK平均增产量分别为211.1、419.7、1 593.7 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为5.1%、10.8%、58.5%;T2处理次之,较T3处理、CK增产量分别为208.6、1 382.6 kg/hm<sup>2</sup>,增产率分别为5.4%、50.7%;T3处理产量较低,较CK增产1 174.0 kg/hm<sup>2</sup>,增产率43.1%,增产效果仍十分显著。试点间比较,处理间差异顺序依次为泾川(CV,19.9%)>宁县(CV,19.0%)>

灵台(*CV*, 18.0%),其最大差异率分别为62.5%、58.9%和54.4%。经相关系数分析,半湿润偏旱区决定大豆产量高低主要因素是单株荚数(0.991\*\*),其次是百粒质量(0.985\*)和单荚粒数(0.971\*)。

表4 半湿润偏旱区不同种植方式对大豆产量的影响

处理	各试验点产量/(kg·hm <sup>2</sup> )			平均产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	增产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	增产率/%	平均单株 荚数/个	平均单荚 粒数/粒	平均百粒 质量/g
	泾川	宁县	灵台						
T1	4 276.8**	4 324.4**	4 353.3**	4 318.2**	1 593.7	58.5	52.1*	2.3	22.3*
T2	4 068.9**	4 100.0**	4 152.5**	4 107.1**	1 382.6	50.7	52.2*	2.3	21.2*
T3	3 869.3**	3 898.7**	3 927.6**	3 898.5**	1 174.0	43.1	50.3*	2.3	20.9*
CK	2 632.5	2 722.2	2 818.8	2 724.5			44.5	2	18.5
平均	3 711.9	3 761.3	3 813.1						
<i>CV</i> /%	19.9	19.0	18.0						
<i>PR</i> /%	62.5	58.9	54.4						

3种覆盖方式以半湿润偏旱区产量最高,半干旱区次之,半干旱偏旱区最低;处理间相比,T1处理增产效应最为明显。特别是在年降雨量500~600 mm的半湿润偏旱区,全膜微垄沟播技术大豆平均产量达到4 318.2 kg/hm<sup>2</sup>,最高达到4 353.3 kg/hm<sup>2</sup>,创造了该区域旱地大豆的最高产量纪录。

#### 2.4 水分利用效率

地膜覆盖能显著提高不同生态区大豆的耗水量,同时提高大豆产量,从而提高大豆水分利用效率(*WUE*) (表5)。与CK相比,3种全膜覆盖方式中,全膜微垄沟播大豆*WUE*最高,在半干旱偏旱区、半干旱区和半湿润偏旱区全膜微垄沟播分别较CK提高56.1%、57.6%和65.9%,但3种全膜覆盖方式差异不显著。不同生态区比,大豆*WUE*半干旱偏旱区>半干旱区>半湿润偏旱区。

表5 不同种植方式大豆水分利用效率

区域类型	处理	播前2 m土壤 贮水量/mm	收获时2 m土壤 贮水量/mm	生育期 降水量/mm	耗水量/mm	经济产量/ (kg·hm <sup>2</sup> )	<i>WUE</i> / (kg·mm <sup>-1</sup> ·hm <sup>2</sup> )
半干旱 偏旱区	T1	189.7a	179.5a	249.9	260.0a	2 841.5a	10.93a
	T2	187.3a	181.2a	249.9	256.0a	2 680.5a	10.47a
	T3	185.2a	183.7a	249.9	251.3a	2 518.5b	10.02a
	CK	150.4b	199.6a	256.9	207.7b	1 455.0c	7.00b
半干旱区	T1	222.2a	212.8b	318.9	328.2a	3 441.0a	10.48a
	T2	220.9a	215.4b	318.9	324.3a	3 267.5ab	10.07a
	T3	219.2a	219.0b	318.9	319.1a	3 092.0b	9.69a
	CK	199.8b	245.0a	335.7	290.4b	1 932.5b	6.65b
半湿润 偏旱区	T1	276.2a	234.7b	379.8	421.3a	4 318.2a	10.25a
	T2	273.9a	238.4b	379.8	415.3a	4 107.1ab	9.89a
	T3	272.4a	240.8b	379.8	410.7a	3 898.5b	9.49a
	CK	268.9b	244.5a	416.6	441.0b	2 724.5c	6.18b
平均	T1	229.3a	209.0b	316.2	336.5a	3 533.6a	10.50a
	T2	227.4a	211.7b	316.2	331.9a	3 351.7ab	10.10a
	T3	225.6a	214.5b	316.2	327.1a	3 169.7b	9.69a
	CK	206.4b	229.7a	336.4	313.1b	2 037.3c	6.51b

注 表中数据为6个试验点2014—2016年数据均值,同列不同小写字母表示各处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

#### 2.5 经济效益分析

按照2018年初价格,对3个生态区的9个县2014—2016年不同覆膜模式与CK大豆进行经济效益比较(表6)。T1、T2、T3处理和CK大豆平均产值(2014—2016年加权均值)分别为23 745.5、22 523.4、21 300.2、13 690.9元/hm<sup>2</sup>,纯收入分别为16 083.8、14 591.7、12 956.0、6 899.2元/hm<sup>2</sup>,产投比分别为3.10、2.84、2.55和2.02,均表现为:T1处理>T2处理>T3处理>CK。T1、T2、T3处理较CK大豆增产值分别为10 054.6、8 832.5、7 609.3元/hm<sup>2</sup>,三者较CK新增投入分别为870.0、1 140.0、1 552.5元/hm<sup>2</sup>,则三者新增产投比分别为11.6、7.7、4.9。不同旱作区大豆产值、纯收入、产投比均明显地表现为T1处理>T2处理>T3处理>CK,全膜微垄沟播大豆产值、纯收入、产投比又明显地表现为半湿润偏旱区>半干旱区>半干旱偏旱区。3种覆膜方式以全膜微垄沟播技术经济效益最显著。

表6 不同旱作区覆膜大豆与露地无覆盖大豆经济效益比较

区域类型	处理	籽粒产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	秸秆产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	产值/(元·hm <sup>-2</sup> )	投入/(元·hm <sup>-2</sup> )	纯收入/(元·hm <sup>-2</sup> )	产投比
半干旱偏旱区	T1	2 841.5**	3 409.8**	19 094.9**	7 661.7*	11 433.2**	2.49**
	T2	2 680.5**	3 216.6**	18 013.0**	7 931.7*	10 081.3**	2.27**
	T3	2 518.5**	3 022.2**	16 924.3**	8 344.2**	8 580.1**	2.03*
	CK	1 455.0	1 746.0**	9 777.6	6 791.7	2 985.9	1.44
半干旱区	T1	3 441.0**	4 129.2**	23 123.5**	7 661.7*	15 461.8**	3.02**
	T2	3 267.5**	3 921.0**	21 957.6**	7 931.7*	14 025.9**	2.77**
	T3	3 092.0**	3 710.4**	20 778.2**	8 344.2**	12 434.0**	2.48*
	CK	1 932.5	2 319.0	12 986.4	6 791.7	6 194.7	1.91
半湿润偏旱区	T1	4 318.2**	5 181.8**	29 018.0**	7 661.7*	21 356.3**	3.79**
	T2	4 107.1**	4 928.5**	27 599.7**	7 931.7*	19 668.0**	3.48**
	T3	3 898.5**	4 678.2**	26 197.9**	8 344.2**	17 853.7**	3.14*
	CK	2 724.5	3 269.4	18 308.6	6 791.7	11 516.9	2.70
平均	T1	3 533.6**	4 240.3**	23 745.5**	7 661.7*	16 083.8**	3.10**
	T2	3 351.7**	4 022.0**	22 523.4**	7 931.7*	14 591.7**	2.84**
	T3	3 169.7**	3 803.6**	21 300.2**	8 344.2**	12 956.0**	2.55*
	CK	2 037.3	2 444.8	13 690.9	6 791.7	6 899.2	2.02

注 大豆6.0元/kg, 秸秆0.60元/kg, 地膜13.33元/kg, 纯氮4.51元/kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6.25元/kg, 大豆种子7.0元/kg, 农药20.00元/kg, 人工费60.0元/d。

### 3 讨论

地膜覆盖技术是我国干旱半干旱地区抑制土壤蒸发、增加土壤贮水量和土壤温度、最大限度利用自然降水的重要技术措施<sup>[17]</sup>。覆盖改善土壤的温度、水分等微环境,显著提高了旱地雨养区大豆的产量,这与相关研究结论<sup>[18-20]</sup>一致。王立明等<sup>[21]</sup>研究表明,覆膜沟播较露地无覆盖苗期耕层温度提高3.3℃,全生育期耕层温度平均提高1.6℃;覆膜沟播大豆产量和WUE较露地无覆盖分别提高33.4%和24.5%。杨封科等<sup>[22]</sup>研究发现,与露地无覆盖相比,全膜双垄沟播、覆膜沟播大豆产量分别提高27.7%~51.1%和10.2%~25.2%,土壤WUE分别提高47.7%~56.3%和33.3%~35.4%。地膜虽改善土壤的水分状况,增加土壤水分促进作物生长,作物生育期耗水量增加,但地膜覆盖土壤贮水量不一定增加。也有研究表明<sup>[24-25]</sup>,地膜覆盖使小麦生育期耗水量增加24mm,会导致作物减产。另外,大豆地膜覆盖技术研究从半膜覆盖到全膜覆盖,从20世纪的90年代初期至今,全膜覆盖模式在不断改进和完善。以往全膜覆盖大豆技术的研究主要集中在“全膜双垄沟播”和“全膜覆土穴播”<sup>[18-22]</sup>,增产效果明显,也存在大垄太宽,不利于密植、覆土后易板结等问题<sup>[26]</sup>。本研究表明,在3个生态区地膜覆盖明显提高大豆产量,尤其在半干旱偏旱区增产幅度最大,处理间以全膜微垄沟播增产最为显著,因全膜微垄沟播通风透光、易密植,且能够有效地蓄集和利用小于5mm的微量降水,将无效降雨转换为有效降雨,抑制土壤蒸发,促进作物的蒸腾,从而显著提高大豆水分利用效率。尤其是3个生态区中“半干旱偏旱区”全膜微垄沟播大豆的水分利用效率最高。

地膜覆盖虽显著提高了大豆产量,但地膜覆盖本身存在白色污染的缺陷<sup>[23]</sup>,亟待研发低成本、低污染的大豆可持续栽培措施;同时,应大力研究地膜田间回收机械,同时提高地膜生产标准,增加地膜强度、利用可降解地膜尽量减少土壤环境污染。

### 4 结论

1)旱地雨养区全膜微垄沟播大豆增产幅度表现为:半干旱偏旱区>半干旱区>半湿润偏旱区,分别较露地无覆盖增产95.3%、78.1%和58.5%。2)地膜覆盖显著地提高旱地大豆水分利用效率,不同覆膜方式大豆WUE表现为:全膜微垄沟播>全膜双垄沟播>全膜覆土穴播。3)地膜覆盖能显著提高大豆产量,其中全膜微垄沟播增产幅度最大,具有显著的经济效益,是黄土高原旱作雨养区大豆生产的适宜栽培模式。

#### 参考文献:

- [1] BOYER J S, WESTGATE M E. Grain yields with limited water[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(407): 2 385-2 394.
- [2] ZHANG W, LI Z, GONG Y, et al. Yield and water use of siberian wildrye with ridge and furrow planting in Northern China[J]. Agronomy Journal, 2013, 105(6): 1 787.
- [3] ZHAO H, XIONG Y, LI F, et al. Plastic film mulch for half growing-season maximized WUE and yield of potato via moisture-temperature improvement in a semi-arid agroecosystem[J]. Agricultural Water Management, 2012, 104: 68-78.
- [4] WU Y, HUANG F, JIA Z, et al. Response of soil water, temperature, and maize (*Zea mays* L.) production to different plastic film mulching patterns in semi-arid areas of northwest China[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 166: 113-121.

- [ 5 ] 门旗, 李毅, 冯广平. 地膜覆盖对土壤裸间蒸发影响的研究[J]. 灌溉排水学报, 2003, 22(2):17-20.
- [ 6 ] TIAN Y, SU D, LI F, et al. Effect of rainwater harvesting with ridge and furrow on yield of potato in semiarid areas[J]. Field Crops Research, 2003, 84 (3): 385-391.
- [ 7 ] LIU J, ZHAN A, BU L, et al. Understanding dry matter and nitrogen accumulation for high-yielding film-mulched maize[J]. Agronomy Journal, 2014, 106(2): 390.
- [ 8 ] 赵团结, 盖钧铭. 栽培大豆起源与演化研究进展[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 954-962.
- [ 9 ] 魏永霞, 赵雨森. 半干旱区坡耕地大豆抗旱保水技术集成模式对产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(5):40-42.
- [10] REN D L, LIU X Y, WANG R. Benefit of Yield Increasing of Spring Soybean by Film Mulching[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2006, 34 (1): 35-37.
- [11] PARK K Y, KIM S D, LEE S H, et al. Changes of dry matter accumulation and leaf area in summer type of soybean as affected by polyethylene film mulching[J]. Rda Journal of Agricultural Science. 1996,38(1): 173-179.
- [12] 李丽君, 高聚林, 武向良, 等. 不同覆膜方式对大豆田水分动态及利用效率的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(2): 262-266.
- [13] 吕慧颖, 王道文, 葛毅强, 等. 大豆育种行业创新动态[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(3): 1-3.
- [14] 张振华, 刘志民. 我国大豆供需现状与未来十年预测分析[J]. 大豆科技, 2009(4):16-21.
- [15] 王旋, 王恩学, 闫德华. 开放战略下中国大豆产业的困境与对策[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(2): 191-194.
- [16] 何世炜, 毛玉林, 武德礼, 等. 大豆、豌豆间作种植模式的生态经济效益研究[J]. 草业科学, 2000, 17(3): 23-27.
- [17] 汪磊, 谭美莲, 叶春雷, 等. 胡麻覆膜种植模式对产量、水分利用和经济效益的影响[J]. 中国油料作物学报, 2016, 38(4): 460-466.
- [18] 郭志利, 孙常青, 卢成达. 谷豆覆膜条带种植技术及其光合水分变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(5): 909-913.
- [19] 郭志利, 孙常青, 梁楠. 旱地春大豆地膜覆盖增产节水效果及密度效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 205-206.
- [20] 曾芳荣, 殷文, 张小红. 不同覆膜方式对旱地大豆农田土壤水热特征及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2017, 26(7): 1 090-1 098.
- [21] 王立明, 陈光荣, 杨如萍, 等. 旱作大豆不同种植方式的土壤水分、温度及增产效应研究[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(2): 127-130.
- [22] 杨封科, 王立明, 张国宏. 甘肃旱作大豆全膜双垄种植的土壤水热及产量效应[J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3 145-3 152.
- [23] ZHANG D, LIU H, HU W, et al. The status and distribution characteristics of residual mulching film in Xinjiang, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15(11): 2 639-2 646.
- [24] LI F M, SONG Q H, JEMBA P K, et al. Dynamics of soil microbial biomass C and soil fertility in cropland mulched with plastic film in a semiarid agro-ecosystem[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36: 1 893-1 902.
- [25] LI F M, GUO A H, WEI H. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat[J]. Field Crops Research, 1999, 63(1): 79-86
- [26] 王闯, 强世军, 翟富民. 旱地大豆全膜覆盖覆膜模式试验研究[J]. 中国农业信息, 2013(1): 60-61.

## The Effects of Different Cultivations with Film Mulch on Yield and Water Use Efficiency of Soybean in Different Climatic Regions

ZHOU Delu, LIU Guangcai\*, LI Chengde, YOU Yanrong, LI Yuan, LI Bowen

(Gansu General Station of Agro-technology Extension, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** **【Objective】**Planting seeds in the furrows within fully mulched micro-ridge cultivation is an innovative method to reduce evaporation and enhance rainfall infiltration in arid and semi-arid regions. Taking soybean as a model plant, this paper aims to study its effect on yield of the soybean grown in different ecological regions. **【Method】**We investigated three cultivations: fully mulched micro-ridges with the seeds planted in the furrows (T1), mulched double ridges with the seeds planted in the furrows (T2), mulched flatten soil surface with the seeds planted by drill (T3). The control was without mulching and ridging. The experiment was conducted from 2014 to 2016 in three climatic regions: a semi-humid and light-arid region, a semi-arid region, and a light-arid region. For each treatment in the three regions, we measured the soybean yield and its water use efficiency (WUE). **【Result】**T1 gave the highest yield in all three regions, followed by T2. The efficacy of T1 in increasing crop yield was ranked in semi-humid and light-arid region > semi-arid region > semi-arid and light-arid region. Compared with CK, T1-T3 increased the average yield by 58.5%, 78.1% and 95.3%, and WUE by 65.9%, 57.6% and 56.1% respectively. For the arid region with annual rainfall between 500 mm and 600 mm, the average yield under T1 was 4 318.2 kg/hm<sup>2</sup> and the highest was 4 353.3 kg/hm<sup>2</sup>, increasing 58.5% compared to that under CK. **【Conclusion】**Fully mulched micro-ridge cultivation with soybean seeds planted in the furrows in rain-fed semi-arid region in northwest China can significantly increase yield and water use efficiency.

**Key words:** rain-fed semi-arid area; fully plastic-film mulching micro-ridges; yield; economic effect; soybean

责任编辑:白芳芳