

不同覆膜方式对旱地玉米生长发育、产量和水分利用效率的影响

李尚中¹, 樊廷录², 王磊¹, 赵刚¹, 党翼¹,
张建军¹, 王勇¹, 唐小明¹, 赵晖³

(1. 甘肃省农科院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院科研管理处, 甘肃 兰州 730070;
3. 甘肃省农业职业技术学院, 甘肃 兰州 730030)

摘要: 针对甘肃陇东旱作区年降水量少、季节分布不均, 特别是玉米生产春旱严重等问题, 以露地平播为对照(CK), 研究了双垄面全膜覆盖沟播, 双垄面半膜覆盖沟播, 宽膜覆盖平播, 窄膜覆盖平播, 全地面覆盖平播, 膜侧播种等 6 种覆膜种植方式对旱作玉米出苗率、干物质积累量、株高、叶面积指数、生育时期、产量和水分利用效率的影响。结果表明, 全膜双垄沟提高了玉米出苗率和出苗速度, 提早成熟, 整个生育期玉米株高、叶面积指数和干物质积累量始终大于其它处理, 显著提高了产量和水分利用效率, 是旱作区进一步挖掘降水潜力和高产田创建的有效途径。

关键词: 覆膜方式; 旱地玉米; 生长发育; 水分利用效率; 产量

中图分类号: S513.042 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0022-06

Effects of different film-mulching modes on growth, yield and water use efficiency of dryland maize

LI Shang-zhong¹, FAN Ting-lu², WANG Lei¹, ZHAO Gang¹, DANG Yi¹, ZHANG Jian-jun¹,
WANG Yong¹, TANG Xiao-ming¹, ZHAO Hui³

(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;

2. Scientific Management Department, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China;

3. Gansu Agriculture Technology College, Lanzhou 730030, China)

Abstract: Aimed at the problems of limited and unevenly distributed rainfall and serious spring drought in the dry-farming areas in east Gansu Province, the effects of six different film-mulching models, including flat planting with no film mulching(CK), full film mulching on double ridges and planting in catchment furrows (FFDRF), half film mulching on double ridges and planting in catchment furrows (HFDRF), wide film mulching and flat planting (WF), narrow film mulching and flat planting (NF), full film mulching and flat planting (FF), film mulching on ridge and planting at film-side (FS), on seedling emergence rate, dry matter accumulation, plant height, leaf area index, growth stages, yield and water use efficiency of dryland maize were studied. The results showed that the mode of HFDRF could improve emergence rate and growth speed of seedlings, advance maturity time, increase plant height, leaf area index and dry matter accumulation, and raise yield and water use efficiency of maize significantly. Thus it was an effective way to exploit rainfall productive potential and to realize high-yield in dry-farming areas.

Keywords: film-mulching mode; dryland maize; growth; water use efficiency; yield

玉米是甘肃省主要的粮饲兼用作物, 从 1949 年到 2012 年的 64 a 间, 甘肃省玉米种植面积占粮食作

收稿日期: 2013-05-06

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2012BAD20B04-4 和 2012BAD0903-1); 国家玉米产业技术体系兰州综合试验站(CARS-02-66)

作者简介: 李尚中(1977—), 硕士研究生, 主要从事旱地农业研究。E-mail: lisz7751@163.com。

* 通信作者: 赵晖(1979—), 硕士研究生, 主要从事植物生理的教学与科研工作。E-mail: zhvh@163.com。

物总面积的比例从 6.0% 稳定上升到 32.3%, 总产占全省粮食总产的比例从 8.4% 稳定上升到 46.0%。近年来, 随着畜牧养殖业的快速发展, 对饲草饲料的需求逐年增加, 玉米需求量也呈现明显上升趋势, 玉米在甘肃省农业发展中处于越来越重要的位置。目前甘肃省旱作区玉米种植面积达到 66.67 万 hm^2 , 但干旱是制约其持续发展的主要因子, 如何采取有效的耕作方法和蓄水保墒措施, 增加土壤水库有效蓄水量, 提高作物产量一直是旱作农业研究的重点内容^[1-3]。已有的研究较多集中在单一覆膜条件下的农田土壤环境及产量效应等方面^[4-7], 而对多种覆膜条件下玉米生长发育和产量效应的报道较少, 尤其是对双垄面全膜覆盖沟播种植技术的研究目前还处于起步阶段, 缺乏系统比较研究^[8-9]。且随着种植业结构的调整, 甘肃省旱作区果树、蔬菜等经济作物面积迅速扩大, 与粮食作物争地矛盾日益突出。因此, 探索和推广新的栽培方式, 提高农田生产力已是当前甘肃省旱作农业生产的现实需要。本文根据西北半湿润偏旱区(甘肃镇原)降雨季节分配不均和年际间变率较大、干旱发生频繁, 土壤水分蒸发强烈、农田产量低而不稳等特点, 对旱地玉米覆盖种植方式进行综合研究, 以为该地区玉米抗旱减灾提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2007、2008、2009、2010 年在农业部甘肃镇原黄土旱塬生态环境重点野外科学观测站(35°30'N, 107°29'E)进行, 该地区海拔 1 254 m, 年平均温度 8.3℃, 年日照时数 2 449.2 h, $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 3 435℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 2 722℃, 无霜期 165 d, 属完全依靠自然降雨的西北半湿润偏旱区。据 1950—2010 年降雨资料分析, 该地区多年平均年降水量 531 mm, 降水主要分布在 7、8、9 三个月。土壤为黑垆土, 有机质含量 11.3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全氮 0.94 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 碱解氮 89 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效磷 12 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 速效钾 231 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 肥力中等。春玉米为当地的主要作物之一, 一年一熟。

1.2 材料与设计

供试玉米品种为沈单 16 号, 地膜为天水天宝塑业有限责任公司生产的 0.008 mm 聚乙烯吹塑农用地膜。

试验采用随机区组设计, 共设 7 个处理:

(1) 露地平播, 简称“露地”: 播前整地后, 不覆盖地膜, 采用宽窄行播种方式, 宽行 80 cm, 窄行 40 cm, 株距 28 cm;

(2) 双垄面全膜覆盖沟播, 简称“全膜双垄沟”: 带宽 120 cm, 每带起底宽 40 cm、高 15~20 cm 的小垄和底宽 80 cm、高 10~15 cm 的大垄, 两垄中间为播种沟。选用 140 cm 宽的地膜, 边起垄边覆膜, 膜与膜间不留空隙, 相接处用土压住地膜, 每隔 200 cm 压土腰带。按株距为 28 cm 在垄沟膜内播种;

(3) 双垄面半膜覆盖沟播, 简称“半膜双垄沟”: 覆膜同全膜双垄, 但膜与膜之间留 20 cm 空隙;

(4) 宽膜覆盖平播, 简称“宽平膜”: 用 120 cm 宽的地膜覆盖, 每隔 200 cm 压土腰带, 净膜 100 cm, 膜间留 20 cm 的空隙, 采用宽窄行播种方式, 宽行 80 cm, 窄行 40 cm, 膜内播种, 株距 28 cm;

(5) 窄膜覆盖平播, 简称“窄平膜”: 用 70 cm 宽的地膜覆盖, 每隔 200 cm 压土腰带, 净膜 50 cm, 膜间留 70 cm 的空隙, 采用宽窄行播种方式, 宽行 80 cm, 窄行 40 cm, 膜内播种, 株距 28 cm;

(6) 全地面覆盖平播, 简称“全平膜”: 带宽 120 cm, 每带选用 140 m 宽的地膜平铺覆膜, 膜与膜间不留空隙, 相接处用土压住地膜, 每隔 200 cm 压土腰带。采用宽窄行播种方式, 膜内播种, 宽行 80 cm、窄行 40 cm, 株距 28 cm;

(7) 膜侧播种, 简称“膜侧”: 起底宽 70 cm, 高 10 cm 的垄, 用 80 cm 宽的地膜覆盖垄面, 每隔 200 cm 压土腰带, 玉米播种于膜侧 5 cm 处, 株距 28 cm。

各处理 3 次重复, 小区面积为 48 m^2 (6 m × 8 m)。2007 年和 2008 年试验地前茬为糜子, 2009 年为大豆, 2010 年为玉米。前茬作物收获后进行深翻, 覆膜前结合旋耕基施尿素 300 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 普通过磷酸钙 938 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 玉米拔节期追施尿素 195 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 其它栽培管理同大田。2007 年在 4 月 15 日覆膜, 4 月 22 点播, 2008 年在 4 月 15 日边覆膜边点播, 2009 和 2010 年均于 4 月 17 日边覆膜边点播。覆膜后沿玉米种植区每隔 30 cm 打渗水小孔(直径约为 3 mm)。试验地平整, 四个年度中试验在同一地块不同位置进行。

1.3 测定项目及方法

生育期调查: 主要调查玉米出苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、成熟期各生物学指标。

玉米生物学指标调查: 定期用直尺测定玉米株高、叶面积, 用烘干法测定植株干重。

出苗率计算方法: 出苗率(%) = 出苗数/点播种子粒数 × 100%

土壤水分测定和水分利用效率计算方法: 玉米播种前和收获时分别用土钻法测定沿玉米种植行任意两株之间每个小区 2 m 土层(每 20 cm 为一个层

次)土壤含水率,转换为以 mm 为单位的播前和收获时的土壤贮水量。生育期降雨量通过 MM-950 自动气象站获得。利用土壤水分平衡方程计算每小区作物耗水量(ET)。成熟后,随机取样 20 株考种,按每小区实收计产,计算作物水分利用效率(WUE)。

耗水量 $ET(\text{mm}) = \text{播前 } 2 \text{ m 土壤贮水量} - \text{收获时 } 2 \text{ m 土壤贮水量} + \text{生育期降水量}$ 。

作物水分利用效率 $WUE(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}) = \text{玉米籽粒产量} / \text{耗水量}$ 。

1.4 数据处理

试验数据采用 SPSS11.5 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜方式对玉米出苗率的影响

2007 年,试验播种时 0~20 cm 的土壤含水量较低,平均为 8.7%,采用点浇抗旱法种植,每穴浇水

约 0.5 kg,玉米出苗前一直未下雨。由表 1 可知,全膜双垄沟和半膜双垄沟出苗率差异不显著,但与其它处理间出苗率差异达到极显著水平。全膜双垄沟和半膜双垄沟出苗率分别为 98.7% 和 98.3%,比宽平膜分别高出 18.9 和 18.5 个百分点;比窄平膜分别高出 25.9 和 25.5 个百分点;比全平膜分别高出 11.5 和 11.1 个百分点;比膜侧分别高出 33.2 和 32.8 个百分点;比露地分别高出 39.3 和 38.9 个百分点。2008 年,播种时 0~20 cm 的土壤含水量较高,平均为 16.1%,不同处理玉米出苗率达 97% 以上,且差异不显著。由此可见,在玉米播前严重干旱的情况下,全膜双垄沟和半膜双垄沟能显著提高玉米出苗率,是有效的抗旱保苗种植方式。

2.2 不同覆膜方式对玉米生育进程的影响

由表 2 可以看出,不同覆膜处理对玉米的生育期进程影响不同。

表 1 不同覆膜处理的玉米出苗率/%

Table 1 Emergence rate of maize under different film-mulching modes

年份 Year	露地 NM	全膜双垄沟 FFDRF	半膜双垄沟 HFDRF	宽平膜 WF	窄平膜 NF	全平膜 FF	膜侧 FS
2007	59.4F	98.7A	98.3A	79.8C	72.8D	87.2B	65.5E
2008	97.6A	99.5A	99.9A	97.9A	98.1A	98.9A	97.1A

注:表中数据后带有相同大写字母表示在 0.01 水平差异不显著。NM:露地;FFDRF:全膜双垄沟;HFDRF:半膜双垄沟;WF:宽平膜;NF:窄平膜;FF:全平膜;FS:膜侧。以下图表相同。

Note: Data followed by same capital letters indicated no significance at 0.01 level. NM: Flat planting with no film mulching; FFDRF: Full film mulching on double ridges and planting in catchment furrows; HFDRF: Half film mulching on double ridges and planting in catchment furrows; WF: Wide film mulching and flat planting; NF: Narrow film mulching and flat planting; FF: Full film mulching and flat planting; FS: Film mulching on ridge and planting at film-side. The same as below.

表 2 不同覆膜处理下玉米的生育时期(月-日)

Table 2 The growth stages(m-d) of maize under different treatments

年份 Year	处理 Treatment	播种期 Sowing	出苗期 Emergence	拔节期 Jointing	抽雄期 Tasseling	成熟期 Maturity	生育期/d Growth period
2007	露地 NM	04-22	05-10	06-26	07-28	09-18	149
	全膜双垄沟 FFDRF	04-22	05-04	06-08	07-09	09-01	132
	半膜双垄沟 HFDRF	04-22	05-04	06-09	07-12	09-07	138
	宽平膜 WF	04-22	05-06	06-13	07-12	09-08	139
	窄平膜 NF	04-22	05-07	06-17	07-18	09-11	142
	全平膜 FF	04-22	05-06	06-10	07-11	09-3	134
	膜侧 FS	04-22	05-08	06-18	07-20	09-13	144
2008	露地 NM	04-15	05-01	06-24	07-19	09-15	138
	全膜双垄沟 FFDRF	04-15	04-26	06-08	07-08	08-26	122
	半膜双垄沟 HFDRF	04-15	04-29	06-12	07-13	09-1	125
	宽平膜 WF	04-15	04-27	06-15	07-12	09-01	127
	窄平膜 NF	04-15	04-29	06-16	07-14	09-05	130
	全平膜 FF	04-15	04-27	06-10	07-10	08-29	123
	膜侧 FS	04-15	04-30	06-14	07-16	09-07	131

2007年,全膜双垄沟和全平膜生育期分别为132 d和134 d,与其它处理相比,提前4~17 d成熟,明显加快了玉米生育进程。其中,全膜双垄沟比露地、半膜双垄沟、宽平膜、窄平膜、膜侧玉米的生育期分别缩短了17、6、7、10 d和12 d;全平膜比露地、半膜双垄沟、宽平膜、窄平膜、膜侧玉米的生育期分别缩短了15、4、5、8 d和10 d。2008年全膜双垄沟和全平膜生育期分别为122 d和123 d,比其它处理提前成熟2~16 d,其中,全膜双垄沟比露地、半膜双垄沟、宽平膜、窄平膜、膜侧玉米的生育期分别缩短了16、3、5、8 d和9 d;全平膜比露地、半膜双垄沟、宽平膜、窄平膜、膜侧玉米的生育期分别缩短了15、2、4、7 d和8 d。生育期缩短一方面有利于在当地种植晚熟丰产玉米品种,另一方面能提前回茬冬小麦播种时间,在不增加种植面积的情况下提高粮食产量。

2.3 不同覆膜方式对玉米株高的影响

由图1可知,不同覆膜处理对玉米株高有一定的影响。和露地相比,地膜覆盖均能提高玉米株高,其中,全膜双垄沟显著高于其它处理,尤其是玉米快速营养生长期(拔节期)和生殖生长期(孕穗-抽雄期)较为明显,分别较露地提高15.6%和18.5%。抽雄-成熟期各处理株高差异不显著。

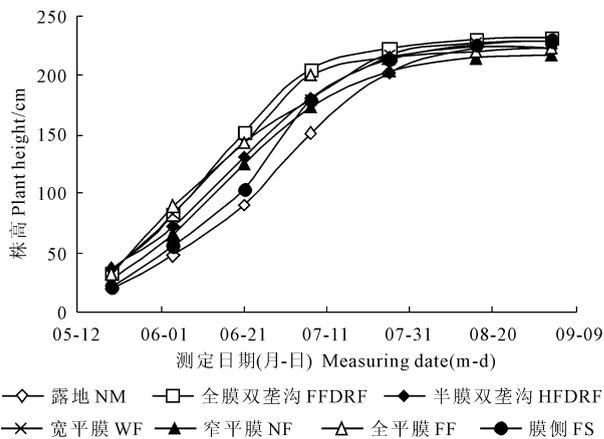


图1 不同覆膜处理下玉米株高变化

Fig.1 Variation of plant height of maize under different treatments

2.4 不同覆膜方式对玉米叶面积指数的影响

图2表明,从6月1日到抽雄前(7月11日),叶面积增长速度最快,除露地外,抽雄后叶面积增长速度逐渐减慢,到7月31日(灌浆期)叶面积逐渐减小,减小幅度最大的处理为全平膜。玉米生长前期全膜双垄沟处理叶面积增长最快,到7月11日左右达到最大值5.0,比同期半膜双垄沟、宽平膜、窄平膜、全平膜、膜侧、露地栽培的叶面积指数分别大

0.59、0.80、0.90、0.49、0.95、1.06。整个生育期全膜双垄沟叶面积指数始终大于其它处理,这对玉米生长积累更多干物质提供了保障。

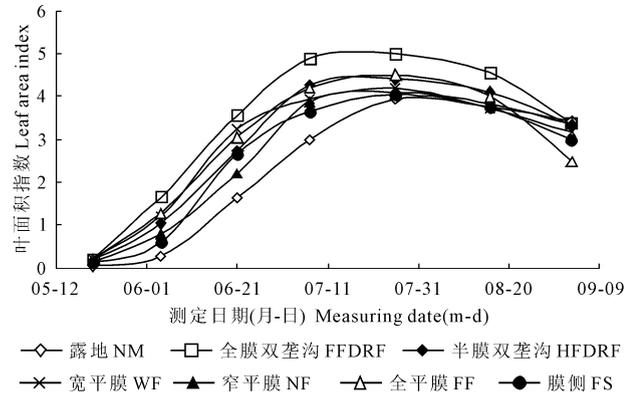


图2 不同覆膜处理下玉米叶面积指数变化

Fig.2 Variation of leaf area index of maize under different treatments

2.5 不同覆膜方式对玉米地上部干物质积累的影响

从图3分析得出,不同形式的覆膜种植玉米其干物质积累动态的变化大致相似,而覆膜处理玉米干物质在不同生育期的累积量均显著高于露地,其中,全膜双垄沟处理干物质积累量最高,整个生育期均高于其它处理,到玉米成熟时,全膜双垄沟处理干物质积累量比半膜双垄沟、宽平膜、窄平膜、全平膜、膜侧、露地栽培分别高1.27%、8.64%、11.26%、6.31%、28.82%、36.18%。说明全膜双垄沟能促进玉米生长,增加干物质的积累。

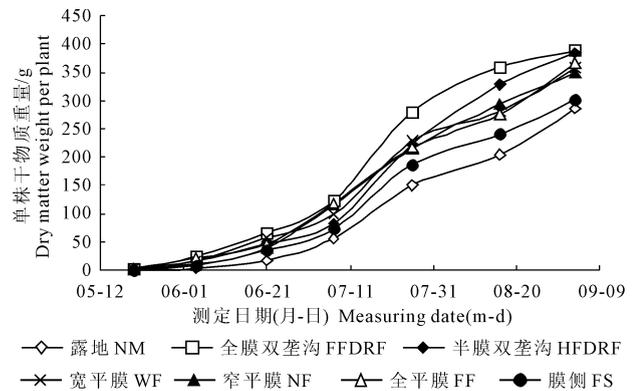


图3 不同覆膜处理下玉米干物质积累量

Fig.3 Variation of dry matter accumulation of maize under different treatments

2.6 不同覆膜方式对玉米产量和水分利用效率的影响

研究表明(表3),2008年生育期降雨量193 mm,严重干旱,全膜双垄沟产量和水分利用效率分别为11 370 kg·hm⁻²和36.2 kg·hm⁻²·mm⁻¹,低于半膜双垄沟,但与半膜双垄沟、宽膜覆盖、全地面覆盖产量

表 3 不同覆膜方式玉米的产量和水分利用效率

Table 3 Yield and water use efficiency of maize under different treatments

年份 Year	处理 Treatment	播前 0~2m 土层贮水量 Water storage in 0~2 m soil layer before planting/mm	收获后 0~2m 土层贮水量 Water storage in 0~2 m soil layer after harvest/mm	生育期 降雨量 Precipitation during growth period/mm	耗水量 Water consumption /mm	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	水分利用效率 Water use efficiency /(kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
2007	露地 NM	313	280	344	377	7506F	19.9
	全膜双垄沟 FFDRF	340	296	344	388	14336A	36.9
	半膜双垄沟 HFDRF	337	299	344	382	13106BC	34.3
	宽平膜 WF	330	294	344	380	12540CD	33.0
	窄平膜 NF	328	291	344	381	10215EB	26.8
	全平膜 FF	333	276	344	401	13496B	33.7
	膜侧 FS	318	293	344	369	11811D	32.0
2008	露地 NM	366	257	192	301	8860C	29.4
	全膜双垄沟 FFDRF	366	244	192	314	11370A	36.2
	半膜双垄沟 HFDRF	366	254	192	304	11870A	39.0
	宽平膜 WF	366	250	192	308	10730AB	34.8
	窄平膜 NF	366	260	192	298	9581B	32.2
	全平膜 FF	366	246	192	312	11240A	36.0
	膜侧 FS	366	263	192	295	9671B	32.8
2009	露地 NM	311	288	239	262	6885D	26.3
	全膜双垄沟 FFDRF	311	327	239	223	12165A	54.6
	半膜双垄沟 HFDRF	311	315	239	235	11580B	49.3
	宽平膜 WF	311	310	239	240	10770B	44.9
	窄平膜 NF	311	326	239	224	8655CD	38.6
	全平膜 FF	311	329	239	221	10905B	49.3
	膜侧 FS	311	310	239	240	9195C	38.3
2010	露地 NM	293	421	417	289	12059C	41.7
	全膜双垄沟 FFDRF	293	429	417	281	14579A	51.9
	半膜双垄沟 HFDRF	293	442	417	268	14177A	52.9
	宽平膜 WF	293	454	417	256	13692A	53.5
	窄平膜 NF	293	445	417	265	12960B	48.9
	全平膜 FF	293	466	417	244	13860A	56.8
	膜侧 FS	293	424	417	286	13410AB	46.9
4 a 平均 4 annual mean	露地 NM	321	312	298	307	8828E	29.3
	全膜双垄沟 FFDRF	328	324	298	302	13113A	44.9
	半膜双垄沟 HFDRF	327	328	298	297	12683A	43.9
	宽平膜 WF	325	327	298	296	11933B	41.6
	窄平膜 NF	325	331	298	292	10353D	36.6
	全平膜 FF	326	329	298	295	12375AB	44.0
	膜侧 FS	322	323	298	298	11022C	37.5

差异不显著,主要是因 2008 年玉米生长期春夏连旱,全膜双垄沟玉米生长旺盛、耗水多,生殖生长期土壤水分严重亏缺,授粉不良,产量略有下降。2007 年(正常降雨年型)、2009 年(偏旱降雨年型)生育期降雨量为 344 mm、239 mm,全膜双垄沟显著提高玉米产量和水分利用效率,分别为 12 165 kg·hm⁻²和

54.6 kg·hm⁻²·mm⁻¹, 14 579 kg·hm⁻²和 51.9 kg·hm⁻²·mm⁻¹,较对照提高 76.7%和 107.6%,20.9%和 24.5%。2010 年(丰水年型)生育期降雨量 417 mm,全膜双垄沟产量最高,分别为 14 579 kg·hm⁻²,较对照增产 20.9%,但同半膜双垄沟、宽膜覆盖、全地面平铺、膜侧产量差异不显著。4 a 全膜双

垄沟平均产量和水分利用效率最高,分别为 $13\ 113\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $44.9\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$,比露地分别提高 48.5% 和 53.2%。考种结果分析表明,全膜双垄沟提高产量的主要原因改善了玉米生长的土壤微环境,显著提高了玉米的百粒重和穗粒数,4 a 平均分别为 $37.4\ \text{g}$ 和 $615.1\ \text{粒}\cdot\text{穗}^{-1}$,较对照提高 24.7% 和 19.5%。因此,在干旱、正常和丰水年份全膜双垄沟均能保持玉米较高的产量和水分利用效率,是旱作区进一步挖掘降水潜力和高产田创建的有效途径。

3 结论与讨论

全膜双垄沟在春旱严重(2007年)的情况下显著提高了玉米出苗率和出苗速度,较露地平播(CK)出苗率提高 39.3 个百分点;在播前土壤水分较好的情况下(2008年),不同覆膜处理玉米出苗率达 97% 以上,且差异不显著。全膜双垄沟玉米株高在快速营养生长期(拔节期)和生殖生长期(孕穗-抽雄期)生长较快,分别较露地提高 15.6% 和 18.5%,整个生育期叶面积指数和干物质积累始终大于其它处理。同时,全膜双垄沟可使玉米提前成熟 2~17 d,加快玉米的生育进程,有利于在当地种植晚熟丰产玉米品种和扩大玉米播种面积,有利于提早冬小麦播种时间,从而在较大幅度地提高粮食单产和总产量。研究表明,在玉米苗期,全膜双垄沟种植区耕层昼夜 24 h 平均温度比平膜高,但昼夜温差变化比平膜小。在玉米灌浆期,全膜双垄沟耕层昼夜 24 h 平均耕层温度比平膜低,这有利于延缓玉米根系早衰,延长灌浆时间^[12],不会因高温造成玉米根系早衰而影响玉米的生长。

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,特别是提高了小于 10 mm 农田降水资源化程度,改善玉米根际土壤水温状况,在干旱和正常年份均能提高玉米产量及水分利用效率^[10-12],近年来,甘肃省农业科技工作者研究提出的全膜双垄沟播技术在甘肃省年降雨量为 300~400 mm 的区域产量在 $6\ 000\sim 9\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,高产可达 $10\ 500\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,年降雨量 400~600 mm 区域,产量在 $9\ 000\sim 12\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,最高达 $15\ 000\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[13]。本研究在多年平均年降雨量为 531 mm 的地区(甘肃镇原县上肖乡)进行,2007—2010 年 4 a 全膜双垄沟平均产量和水分利用效率最高,分别为 $13\ 113\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $44.9\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$,比露地分别提高 48.5% 和 53.2%。可见,全膜双垄沟播技术显著提升了黄土高原旱作区玉米的生产能力。

研究表明,全膜双垄沟播栽培方式能将大面积

接纳的降水集中渗入到植物根系直接利用的小区域(播种孔下土层),单位承渗面渗水量较半膜垄作、露地平作分别增加 11.76~43.30 倍和 52.60~229.77 倍,水分下渗较深^[14]。本研究 2007—2010 年间在平整的地块进行,最大一次 24 h 降雨量为 56.5 mm,全膜双垄沟没有造成大量水分流失,全部集蓄于两垄之间就地入渗,全膜双垄沟造成大量降水流失的降雨阈值有待进一步研究。

目前已经研制出了开沟起垄、覆膜于一体的机械,并和手推式轮式播种施肥器相配,大幅度减轻了田间作业劳动强度和对地膜的破坏程度。我国北方甘肃、陕西、宁夏、青海、新疆、山西、内蒙、河南、河北、辽宁等 10 个省区现有旱地面积 0.18 亿 hm^2 ,适宜全膜双垄沟播技术应用的面积占到 50% 以上。如果在这些地区推广该技术,将对旱作农业的发展产生较大的推动作用。不仅可以解决旱作区粮食安全问题,而且为发展畜牧业提供大量饲草饲料,显著提高旱作区农业的综合生产能力,对实现旱作区经济快速发展、推动农村社会稳定具有重要作用。

参考文献:

- [1] 李永平,刘世新,贾志宽,等.垄沟集水种植对土壤有效蓄水量及谷子生长、光合特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,(35)10:163-167.
- [2] 陈明灿,李友军,熊英,等.豫西旱地小麦不同种植方式增产效应分析[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):29-32.
- [3] 程炳文,买自珍,王勇,等.半干旱地区旱地玉米节水播种技术研究[J].内蒙古农业科技,2006,(5):40-41.
- [4] 马金宝,毕建杰,张兴强,等.宽垄沟灌覆膜条件下土壤水分侧向入渗特性[J].灌溉排水学报[J].2006,25(6):27-29.
- [5] 侯连涛,焦念元,韩宾,等.不同覆盖方式对土壤水分分布的影响[J].灌溉排水学报,2007,26(1):47-50.
- [6] 杜社妮,白岗栓.玉米地膜覆盖的土壤环境效应[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):56-59.
- [7] 樊向阳,齐学斌,郎旭东,等.晋中地区春玉米田集雨覆盖试验研究[J].灌溉排水,2001,20(2):29-32.
- [8] 李尚中,樊廷录,王勇,等.旱地玉米抗旱覆膜方式研究[J].核农学报,2009,23(1):165-169.
- [9] 杨祁峰,岳云,熊春蓉,等.不同覆膜方式对陇东旱塬玉米田土壤温度的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):29-33.
- [10] 张雷,牛建彪,赵凡.旱作玉米提高降水利用率的覆膜模式研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):8-11,17.
- [11] 白秀梅,卫正新,郭汉清,等.晋北旱地玉米微集水种植技术的土壤水分动态研究[J].山西农业大学学报,2005,25(3):289-308.
- [12] 李尚中,王勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.
- [13] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等.甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与进展[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):114-118.
- [14] 岳德成,曹亚芬,丁志远,等.全膜双垄沟播栽培对自然降水再分配规律研究[J].灌溉排水学报,2011,30(4):48-52.