

不同覆膜栽培对玉米土壤水分温度及产量的影响

郭满平,刘生瑞,白宏鹏

(甘肃环县农业技术推广中心,甘肃 环县 745700)

摘 要:采用烘干称重法和地温计法测定了环县川旱地不同覆膜与露地栽培方式下全生育期内 0~80 cm 土层的土壤含水量和 0~40 cm 土层的土壤温度,成熟期随机测量不同处理方式下的株高、株重、茎粗、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重和单株叶面积等指标,计算经济产量和生物产量,分析不同覆膜与露地栽培对玉米土壤水热环境和产量的调控机制。结果表明,全膜双垄沟播栽培较全膜平铺穴播、半膜平铺穴播、半膜覆盖垄播和露地平播栽培,全生育期 0~80 cm 土壤水分分别提高了 0.3%、1.0%、1.6% 和 2.4%,0~40 cm 土壤温度分别提高了 0.3℃、1.2℃、1.6℃ 和 2.2℃,生育期分别缩短了 0、3、5 d 和 13 d,生物产量分别提高了 679.5、2 740.5、3 376.5 kg·hm⁻²和 4 861.5 kg·hm⁻²,经济产量分别提高了 424.5、1 729.5、2 032.5 kg·hm⁻²和 2 971.5 kg·hm⁻²。因此,在相应的旱作农业区大力推广全膜双垄沟播栽培技术,能大幅提高玉米产量,有利于保障国家粮食安全。

关键词:覆膜栽培;玉米;土壤水分;土壤温度;产量

中图分类号: S223.5 **文献标志码:** A

Effects of different plastic mulching practices on soil moisture, soil temperature and yields of maize

GUO Man-ping, LIU Sheng-rui, BAI Hong-peng

(Center of Popularizing Agricultural Techniques in Huanxian, Huanxian, Gansu 7457000, China)

Abstract: To understand the regulatory mechanism of plastic mulching for soil moisture and temperature as well as yields, soil moisture at 0~80 cm soil layer and soil temperature at 0~40 cm soil layer during the whole growth periods were respectively measured by oven drying and geothermometer methods. Plant height, plant weight, stem diameter, ear diameter, rows per ear, grains per row, kernels per spike, thousand kernel weight and leaf area per plant were randomly measured during the maturation period, and their economic yield and biological yield were calculated. The results showed that all-film double-furrow sowing could respectively improve 0.3%, 1.0%, 1.6% and 2.4% more of the soil moisture at 0~80 cm soil layer, elevate 0.3℃, 1.2℃, 1.6℃ and 2.2℃ higher of soil temperature at 0~40 cm soil layer, shorten 0, 3, 5 and 13 fewer days of growth periods, increase 679.5, 2 740.5, 3 376.5 kg·hm⁻² and 4 861.5 kg·hm⁻² more of biological yields, boost 424.5, 1 729.5, 2 032.5 kg·hm⁻² and 2 971.5 kg·hm⁻² more of economic yield than all-film mulch hole sowing, half-film mulch hole sowing, half-film mulch furrow sowing and outdoor sowing. Therefore, popularizing all-film double-furrow sowing could significantly increase corn yield, ensuring national food security.

Keywords: cultivation of plastic mulching; maize; soil moisture; soil temperature; yield

玉米是全球重要的粮饲作物和工业原料。随着世界经济发展与人类膳食结构改善,玉米的经济价值和社会重视度日益攀升,市场需求量逐渐增加,已成为国民经济增长的新亮点。然而,近年来随着全球气候变暖,干旱缺水成为旱地玉米可持续发展的重要限制因子^[1],如何采取有效的栽培方法和蓄水保墒措施,增加土壤水库有效蓄水量,提高玉米抗旱性和水分利用效率一直是旱作玉米研究的重点内容。国内外有关旱地玉米集水栽培技术的研究结果表明,全膜双垄沟播栽培技术具有集雨、增温、保墒和增光等技术优势^[2],是我省旱作农业的一项伟大创举,其核心就是在地表起大、小双垄(大垄高宽 10 cm×70 cm、小垄高宽 15 cm×40 cm),用 120 cm 的宽幅地膜全地面覆盖,在沟内种植作物的一项栽培技

收稿日期:2014-03-15
基金项目:甘肃省农业厅旱作农业示范项目
作者简介:郭满平(1966—),男,甘肃环县人,高级农艺师,主要从事农业技术推广工作。E-mail:hxnjxgmp123456@163.com。

术^[3]。目前,该项技术在我国北方旱作农业区被广泛推广应用,大幅提高了旱地玉米的增产潜力,但有关全膜双垄沟播栽培与全膜平铺穴播、半膜平铺穴播、半膜覆盖垄播与露地平播栽培对土壤水、热以及增产机理差异性的研究暂未见报道。因此,本文通过不同覆膜和露地栽培方式下玉米全生育期内土壤水分和温度以及玉米生物性状和经济性状等指标的变化研究,旨在明确不同覆膜栽培技术集雨保墒增温增产机制的差异性,进一步探索旱地玉米的高效增产栽培技术,为我省旱地玉米技术研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试玉米品种为承单 20 号,中晚熟,甘肃敦煌种业股份有限公司提供;供试地膜为 120 cm 宽幅和 70 cm 窄幅的 0.008 mm 的聚乙烯膜,甘肃天水天宝塑业有限公司提供。

1.2 试验地概况

试验设在甘肃省陇东地区环县中北部洪德乡许旗村三十里铺的川旱地,当地海拔 1 300 m,年降水量 350 mm 左右,无霜期 150 d 左右,年平均气温 8.5℃,≥10℃的有效积温 2 690℃,年日照时数 2 468 h。前茬为玉米,试验期间年平均降雨量为 358.9 mm。

1.3 试验设计

前茬作物收获后,及时深耕耙耱土地,3 月上旬土壤解冻后,统一整地施肥,施农家肥 75 000 kg·hm⁻²,尿素 300 kg·hm⁻²,过磷酸钙 900 kg·hm⁻²,肥料撒施于地面,耩耕耙耱后起垄覆膜。试验小区面积 33 m²(6 m×5.5 m),重复 3 次,区组间随机排列,四周设 1 m 保护行,处理间距 50 cm,重复间距 50 cm。试验共设 5 个处理,处理一:全膜双垄沟播,大垄高宽分别为 10 cm×70 cm,小垄高宽分别 15 cm×40 cm,120 cm 宽幅地膜全覆盖地面,膜与膜连结在大垄中间,玉米种植在沟内,株距 40 cm;处理二:全膜平铺穴播,120 cm 宽膜平铺地面,两边埋土 10 cm,膜面宽 100 cm,幅与幅间距 10 cm,每幅种 2 行,株行距为 40 cm×70 cm;处理三:半膜平铺穴播,70 cm 窄膜平铺地面,两边埋土 10 cm,膜面宽 50 cm,幅与幅间距 60 cm,每幅种植 2 行,株行距 40 cm×40 cm;处理四:半膜覆盖垄播,垄高 15 cm,垄底宽 70 cm,垄面宽 50 cm,垄底间距 40 cm,用 70 cm 窄幅地膜覆盖垄面,玉米种在垄面上,一垄种两行,行距 40 cm,株距 40 cm;处理五:露地平播,宽窄行播种,宽行 70 cm,窄行 40 cm,株距 40 cm。4 月 22 日采用人

工点播器播种,每小区播种 150 株,5 月 2-4 日出苗,5 月 20 日间苗,每穴留一株,苗期每小区追施尿素 0.5 kg,大喇叭口期每小区追施尿素 1 kg。

1.4 调查内容和方法

选择晴天下午 14-17 时取样调查,采用烘干称重法和地温计法测定不同处理播种期、出苗期、拔节期、喇叭口期、灌浆期和成熟期 0~10、10~20、20~40、40~60 cm 和 60~80 cm 土层的土壤含水量及 0~10、10~20 cm 和 20~40 cm 土层的土壤温度。在成熟期各小区随机选择 20 株,测量其株高、株重、茎粗、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重和单株叶面积等指标,计算经济产量和生物产量。

单株叶面积计算方法为:单株叶面积=0.75×叶长×叶宽×单株叶片数。

株重为单株玉米除去果穗外的茎秆、叶片和雄穗共同干物质重量。

玉米生物产量指玉米地上部分茎秆、叶片、雄穗、籽粒、穗轴和包皮等干物质的总和重量。

玉米经济产量指干玉米籽粒产量。

土壤含水量计算方法为:土壤含水量(%)=(湿土重-烘干土重)÷烘干土重×100

1.5 数据统计分析

试验数据以平均值±标准差(mean+SD)表示,应用 DPS(V3.01 专业版)软件进行方差分析,差异显著性检验采用 Duncan 氏新复极差检验法,以 P<0.05 视为有显著差异。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜栽培对玉米土壤含水量的影响

试验结果(表 1~表 5)表明,全生育期内覆膜栽培的土壤含水量高于露地平播的土壤含水量,全膜覆盖栽培的土壤含水量高于半膜覆盖栽培的土壤含水量。方差分析结果表明,全生育期内全膜双垄沟播和全膜平铺穴播栽培方式下 0~10、10~20 cm 和 20~40 cm 土层的土壤含水量显著高于露地平播栽培(P<0.05),全膜双垄沟播和全膜平铺穴播栽培 40~60 cm 和 60~80 cm 土层土壤水分含量与半膜平铺穴播、半膜覆盖垄播和露地平播之间的差异随生育期而发生变化,部分生育期差异显著(P<0.05),部分生育期差异不显著(P>0.05);全生育期内半膜平铺穴播和半膜覆盖垄播栽培 0~10、10~20、20~40、40~60 cm 和 60~80 cm 土层土壤含水量与露地平播栽培部分生育期差异显著(P<0.05),部分生育期差异不显著(P>0.05)。说明覆膜栽培特别是全膜双垄沟播和全膜平铺穴播栽培是

提高玉米耕层土壤含水量的有效方法,这对缓解治理我省季节性干旱具有重要意义。

表 1 不同覆膜栽培方式下 0~10 cm 土层的土壤含水量/%

Table 1 Soil moisture at 0~10 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	18.8+0.3a	19.3+0.2a	18.1+0.2a	17.1+0.5a	17.9+0.4a	18.2+0.2a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	18.3+0.3ab	19.2+0.5a	17.6+0.7a	17.0+0.2a	17.9+0.2a	18.2+0.2a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	17.5+0.3bc	18.3+0.3ab	17.0+0.5ab	16.4+0.3ab	17.4+0.5a	17.7+0.3a
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	17.2+0.2c	17.9+0.3b	16.0+0.2b	15.6+0.2bc	16.2+0.2b	16.9+0.5b
露地平播 Outdoor sowing	15.3+0.4d	16.1+0.6c	14.7+0.3c	14.9+0.4c	15.2+0.1c	15.7+0.2c

表 2 不同覆膜栽培方式下 10~20 cm 土层的土壤含水量/%

Table 2 Soil moisture at 10~20 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	19.9+0.5a	19.0+0.5a	18.3+0.5a	17.4+0.3a	18.4+0.2a	18.8+0.2a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	19.5+0.2a	18.8+0.3a	17.6+0.5a	17.2+0.3ab	18.3+0.3ab	18.5+0.3a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	17.9+0.4b	17.6+0.4b	17.3+0.5a	16.7+0.3b	17.7+0.2b	18.1+0.1ab
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	17.4+0.2bc	17.6+0.4b	16.1+0.5b	15.8+0.2c	17.0+0.2c	17.4+0.4bc
露地平播 Outdoor sowing	16.5+0.5c	16.4+0.4c	14.9+0.5c	15.2+0.2c	15.7+0.2d	16.4+0.8c

表 3 不同覆膜栽培方式下 20~40 cm 土层的土壤含水量/%

Table 3 Soil moisture at 20~40 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	20.2+0.2a	19.7+0.2a	18.9+0.4a	17.5+0.4a	17.6+0.4a	18.3+0.3a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	19.7+0.2b	19.5+0.5a	18.3+0.2ab	17.5+0.4a	17.4+0.4a	18.1+0.3a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	18.3+0.1c	17.6+0.4b	17.8+0.3b	17.1+0.1a	17.2+0.2a	17.9+0.1a
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	17.9+0.1c	17.4+0.2b	16.6+0.4c	16.2+0.3b	16.2+0.2b	16.4+0.4b
露地平播 Outdoor sowing	17.4+0.2d	17.2+0.3b	15.3+0.3d	15.5+0.2b	15.5+0.2b	16.2+0.2b

2.2 不同覆膜栽培对玉米土壤温度的影响

试验结果(表 6~表 8)表明,玉米全生育期内覆膜栽培的土壤温度高于露地平播的土壤温度,全膜覆盖栽培的土壤温度高于半膜覆盖栽培的土壤温度,半膜平铺穴播的土壤温度高于半膜覆盖垄播。方差分析结果表明,除播种期 20~40 cm 土层外,全生育期内全膜双垄沟播和全膜覆盖穴播栽培方式下

0~10、10~20 cm 和 20~40 cm 土层的土壤温度显著高于露地平播 ($P<0.05$),而全生育期内半膜平铺穴播和半膜覆盖垄播栽培 0~10、10~20 cm 和 20~40 cm 土层的土壤温度与露地平播栽培部分差异显著 ($P<0.05$),部分差异不显著 ($P>0.05$)。说明覆膜栽培特别是全膜双垄沟播和全膜平铺穴播栽培是提高玉米耕层土壤温度的有效方法,这有助于促

进玉米出苗和植株健成。

表 4 不同覆膜栽培方式下 40~60 cm 土层的土壤含水量/%

Table 4 Soil moisture at 40~60 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	19.5+0.1a	18.8+0.9a	18.3+0.9a	17.0+0.2a	16.6+0.6a	17.1+0.2a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	19.0+0.4a	18.5+0.3ab	18.0+0.9a	17.0+0.1ab	16.4+0.4ab	17.0+0.2a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	18.0+0.3b	18.2+0.2ab	17.4+0.9a	16.5+0.1bc	16.0+0.4ab	15.9+0.1b
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	18.3+0.2b	17.9+0.3ab	16.2+0.9b	16.0+0.4c	16.0+0.4ab	15.9+0.3b
露地平播 Outdoor sowing	17.8+0.1b	17.6+0.2b	14.9+0.9c	15.2+0.1d	15.4+0.1b	15.9+0.5b

表 5 不同覆膜栽培方式下 60~80 cm 土层的土壤含水量/%

Table 5 Soil moisture at 60~80 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	19.2+0.2a	18.8+0.2a	18.5+0.2a	17.2+0.3a	16.0+0.1a	16.5+0.1a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	19.0+0.3a	18.3+0.3ab	18.3+0.2a	17.0+0.1a	15.8+0.3a	16.4+0.5a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	17.9+0.2b	17.9+0.3bc	16.8+0.7b	16.9+0.2b	15.5+0.3a	15.8+0.3a
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	17.8+0.2b	17.8+0.2bc	16.0+0.5bc	15.8+0.7b	15.4+0.3a	15.6+0.7a
露地平播 Outdoor sowing	17.5+0.1b	17.4+0.2c	15.2+0.2c	14.9+0.5b	15.4+0.1a	15.8+0.3a

注:各物候期日期规格为月-日,为土样取样日期。表中数值为取样日 14:00~17:00 数值
Note:Date format in every phenological period was month-date. Data in the table was the mean value in 14:00~17:00.

表 6 不同覆膜栽培方式下 0~10 cm 土层的土壤温度/℃

Table 6 Soil temperature at 0~10 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	15.4+0.3a	24.3+0.3a	31.5+0.5a	32.6+0.4a	32.6+0.4a	27.9+0.5a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	15.2+0.4a	22.9+0.4b	31.4+0.2a	31.4+0.4b	32.5+0.4a	27.8+0.3ab
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	14.8+0.5a	21.6+0.1c	29.9+0.1b	29.5+0.4c	30.5+0.3b	26.8+0.2bc
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	13.8+0.2b	21.2+0.2cd	29.3+0.3bc	29.8+0.5cd	30.0+0.4bc	25.9+0.5cd
露地平播 Outdoor sowing	13.1+0.1b	20.6+0.6d	28.5+0.4c	28.6+0.4d	29.1+0.4c	25.5+0.4d

2.3 覆膜栽培对玉米生物性状的影响

试验结果(表 9)表明,全膜覆盖或半膜覆盖栽培方式较露地平播使玉米生育期缩短,株高、株重、茎粗、穗粗和生物产量增加。方差分析结果显示,全膜双垄沟播和全膜平铺穴播栽培方式下玉米的生育

期显著短于露地平播($P<0.05$);全膜双垄沟播栽培方式下的株高、株重、茎粗、穗粗和生物产量显著高于半膜覆盖穴播和露地平播($P<0.05$);全膜平铺穴播栽培方式下的株高、株重、穗粗和生物产量显著高于半膜覆盖垄播和露地平播($P<0.05$),株重

和茎粗与半膜平铺穴播差异不显著 ($P > 0.05$); 半膜平铺穴播栽培方式下的株高和生物产量与半膜覆盖垄播和露地平播差异显著 ($P < 0.05$), 穗粗与露地平播差异显著 ($P < 0.05$), 生育期、株重、茎粗和穗粗与半膜覆盖垄播差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 7 不同覆膜栽培方式下 10~20 cm 土层的土壤温度/℃

Table 7 Soil temperature at 10~20 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	14.5+0.4a	21.2+0.3ab	28.8+0.3a	29.9+0.3a	29.6+0.3a	26.7+0.5a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	14.3+0.5ab	21.4+0.2a	27.5+0.2b	29.6+0.5ab	29.6+0.6a	26.6+0.2a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	14.4+0.2ab	20.3+0.4bc	27.3+0.3b	28.4+0.4bc	29.5+0.4ab	25.5+0.2b
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	13.6+0.1bc	20.0+0.6c	26.8+0.6b	28.6+0.7bc	28.5+0.3bc	24.8+0.2bc
露地平播 Outdoor sowing	13.3+0.2c	19.5+0.3c	25.5+0.4c	27.9+0.4c	27.5+0.3c	24.3+0.3c

表 8 不同覆膜栽培方式下 20~40 cm 土层的土壤温度/℃

Table 8 Soil temperature at 20~40 cm soil layer under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	播种期 (04-22) Sowing time	出苗期 (05-18) Seeding stage	拔节期 (06-20) Jointing stage	喇叭口期 (07-10) Flare opening stage	灌浆期 (08-07) Pustulation period	成熟期 (09-05) Mature period
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	11.6+0.5a	20.8+0.3a	27.1+0.5a	27.6+0.4a	24.8+0.5a	23.8+0.5a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	11.2+0.4a	20.1+0.5a	27.0+0.4a	27.5+0.5a	24.8+0.2a	23.8+0.3a
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	11.2+0.3a	18.6+0.2b	26.7+0.4a	25.9+0.4b	24.6+0.4ab	22.9+0.4ab
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	11.7+0.2a	18.9+0.4b	26.5+0.4ab	25.8+0.2b	24.2+0.3ab	22.3+0.2b
露地平播 Outdoor sowing	11.8+0.2a	18.8+0.2b	25.1+0.4b	25.0+0.4b	23.8+0.3b	22.0+0.8b

注:各物候期日期规格为月-日,为土壤温度测定日期。表中数值为取样日 14:00~17:00 数值
Note: Date format in every phenological period was month-date. Data in the table was the mean value in 14:00~17:00.

表 9 不同覆膜方式下的生物性状

Table 9 Biological traits under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	生育期/d Growth period	株高/cm Plant height	株重/g Plant weight	茎粗/cm Stem diameter	穗粗/cm Ear diameter	生物产量/(kg·33m ⁻²) Biological yield
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	142.0+3.0b	228.0+3.2a	165.0+3.0a	2.4+0.1a	6.2+0.2a	64.8+0.2a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	142.0+5.0b	212.0+2.3b	162.0+4.0a	2.3+0.2ab	6.2+0.2a	62.5+0.5b
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	147.0+4.0ab	207.5+1.6c	153.0+5.0ab	2.2+0.2bc	5.4+0.3b	55.7+0.3c
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	149.0+3.0ab	201.5+3.0d	148.0+6.0b	2.2+0.2bc	5.3+0.2b	53.6+0.4d
露地平播 Outdoor sowing	154.0+5.0a	191.0+5.2e	141.0+5.0b	2.1+0.1c	4.9+0.2c	48.7+0.3e

2.4 覆膜栽培对玉米经济性状的影响

试验结果(表 10)表明,全膜覆盖和半膜覆盖栽培较露地平播使玉米的叶面积、有效穗数、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重和经济产量增加。方差分析结果显示,全膜双垄沟播和全膜平铺穴播栽培方式下的叶面积、穗粒数、千粒重和经济产量显著高于半

膜平铺穴播、半膜覆盖垄播和露地平播 ($P < 0.05$), 有效穗数和穗行数显著高于半膜覆盖垄播和露地平播 ($P < 0.05$), 穗行数显著高于露地平播 ($P < 0.05$); 半膜平铺穴播和半膜覆盖垄播栽培方式下的

叶面积、行粒数、穗粒数、千粒重和经济产量显著高于露地平播 ($P < 0.05$), 有效穗数和穗行数与露地平播差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 10 不同覆膜方式下的经济性状
Table 10 Economic traits under different plastic mulching practices

栽培方式 Cultivation pattern	叶面积 Leaf area /(cm ² ·株 ⁻¹)	有效穗数 Number of productive ear /(个·33m ⁻²)	穗行数 Rows per ear /(行·穗 ⁻¹)	行粒数 Grains per row /(粒·行 ⁻¹)	穗粒数 Kernels per spike (粒·穗 ⁻¹)	千粒重 Thousand kernel weight /(g·1000 粒 ⁻¹)	经济产量 Economic yield /(kg·33m ⁻²)
全膜双垄沟播 All-film double-furrow sowing	4189.5 ± 7.2a	155.7 ± 2.2a	16.5 ± 1.0a	31.2 ± 1.2a	514.8 ± 2.9a	385.6 ± 2.6a	30.9 ± 0.1a
全膜平铺穴播 All-film mulch hole sowing	4079.3 ± 6.0b	155.0 ± 3.7ab	16.2 ± 1.2a	30.8 ± 1.6a	499.0 ± 3.0b	382.4 ± 3.3a	29.5 ± 0.1b
半膜平铺穴播 Half-film mulch hole sowing	3583.1 ± 4.5c	151.8 ± 2.8bc	15.3 ± 1.2ab	30.4 ± 1.7a	465.1 ± 3.1c	357.3 ± 5.7b	25.2 ± 0.1c
半膜覆盖垄播 Half-film mulch furrow sowing	3472.9 ± 2.6d	150.0 ± 1.3c	15.1 ± 1.1ab	30.2 ± 1.6a	456.0 ± 3.2d	353.0 ± 2.7b	24.2 ± 0.0d
露地平播 Outdoor sowing	3170.5 ± .7.9e	150.0 ± 2.8c	14.3 ± 1.3b	28.2 ± 1.5b	408.9 ± 4.5e	344.0 ± 3.1c	21.1 ± 0.1e

3 结论与讨论

全膜双垄沟播栽培技术是一项具有突破性创新旱作农业技术,集覆盖抑蒸、膜面集雨、垄沟种植技术为一体,具有雨水富集叠加、就地入渗、保墒蓄墒、保水保肥、增加地表温度,提高水肥利用率等技术优势。有效解决了季节干旱引起的水分供需错位问题,大幅提高了旱作农业的水资源利用率,实现了降水资源时空调配,提高了土壤温度,缩短玉米生育期,增加经济产量及生物产量,提高了玉米的生产力。本研究结果表明,覆膜栽培的土壤含水量和土壤温度显著高于露地平播的土壤含水量和土壤温度;全膜覆盖的土壤含水量和土壤温度显著高于半膜覆盖的土壤含水量和土壤温度;全膜覆盖和半膜覆盖使玉米生育期缩短,株高、株重、茎粗、穗粗、叶面积、有效穗数、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重等生物产量和经济产量显著增加,这与杨祁峰^[4]、张雷^[5]、刘广才^[6]、方彦杰^[7]和黄高宝^[8]的研究结果基本一致。说明覆膜栽培特别是全膜双垄沟播栽培的增产效应主要是通过改善玉米全生育期内的农田土壤水温而促进玉米生长。虽然全膜双垄沟播栽培技术有很多技术优点,但也有一定的局限性,据我们多年推广经验,该技术只限于在年降雨量 200 ~ 600 mm 的干旱或半干旱地区推广应用,年降雨量超过 600 mm 的地区增产不明显,年降雨量低于 200 mm

不能满足玉米正常生长的水分需要。该技术不宜在砂石地、盐碱地和超过 15°以上的坡地推广应用,因地力瘠薄、不能拦蓄雨水径流,没有增产潜力。因此,今后应该在适宜的旱作农业区大力推广全膜双垄沟播栽培技术,这对提高我国旱作农业粮食生产具有重要作用,有利于保障国家粮食安全。

参 考 文 献:

[1] 刘德祥,白虎志,宁惠芳,等.气候变暖对甘肃干旱气象灾害的影响[J].冰川冻土,2006,28(5):707-712.
[2] 王红丽,张绪成,宋尚有,等.西北黄土高原旱地全膜双垄沟播种植对玉米季节性耗水和产量的调节机制[J].中国农业科学,2013,46(5):917-926.
[3] 王学兰.全膜双垄沟播方式对旱地玉米产量和水分利用效率的影响[J].甘肃科技,2011,27(19):183-185.
[4] 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.
[5] 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.
[6] 刘广才,杨祁峰,李来祥,等.旱地玉米全膜双垄沟播技术增产效果研究[J].农业现代化研究,2009,30(6):739-743.
[7] 方彦杰,黄高宝,李玲玲,等.旱地全膜双垄沟播玉米生长发育动态及产量形成规律研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):128-134.
[8] 黄高宝,方彦杰,李玲玲,等.旱地全膜双垄沟播玉米高效用水机制研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):116-121.