

旱地玉米秸秆地膜二元覆盖的土壤水热效应研究

李娜娜, 池宝亮, 梁改梅

(山西省农业科学院旱地农业研究中心, 太原 030031)

摘要: 为了研究不同覆盖方式对旱地农田土壤水温变化规律和降水高效利用的影响,以探求旱地玉米最佳覆盖种植方式,于2013—2015年在山西省寿阳县连续定点定位设置秸秆地膜二元覆盖(MS)、宽膜覆盖(FM)、窄膜覆盖(NM)3个不同覆盖种植方式,以传统露地平作为对照(CK),研究不同覆盖种植模式对旱地玉米土壤温度、水分和产量的影响。结果表明:(1)二元覆盖昼夜温差比宽膜覆盖、窄膜覆盖和露地变化幅度小,二元覆盖昼夜相差8.8℃;在播后25~35天,15 cm土层的土壤温度由19.1℃上升到26.5℃,呈现微弱的增温效应。(2)玉米整个生育期秸秆地膜二元覆盖处理(MS)0—160 cm土壤贮水量较CK增加68 mm;3年平均含水量显示,MS、FM和NM比CK分别提高4.5%、0.4%和1.2%。(3)秸秆地膜二元覆盖(MS)处理,比露地增产17.4%,水分利用效率提高24.8%。因此,秸秆地膜二元覆盖能综合改善田间温度、水分因子,提高了玉米产量和水分利用效率,是山西省旱地玉米最佳的覆盖方式。

关键词: 覆盖; 土壤水热状况; 玉米

中图分类号: S152.7; S513

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2017)04-0248-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2017.04.039

Study on Soil Water and Heat Effect of Plastic Film Combined With Straw Mulch in Dryland Maize Field

LI Nana, CHI Baoliang, LIANG Gaimei

(Arid Farming Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Science, Taiyuan 030031)

Abstract: A field experiment was conducted in 2013—2015 at Shouyang in Shanxi Province of China, to study the effects of different mulching modes on the changes of soil moisture and temperature, and to explore the best planting pattern of dryland maize in Shanxi Province. Three different mulching patterns were included, i. e. plastic film-straw overlay (MS), full plastic film mulching (FM), narrow plastic film mulching (NM). And soil temperature, moisture, and yield of spring maize were assessed using traditional farming pattern as control (CK). Results showed that: (1) The diurnal variation of MS was smaller than that of FM, NM and CK, the difference was 8.8℃; and 25~35 d after sowing, the temperature in 15 cm soil layer increased from 19.1℃ to 26.5℃, showing a weak warming effect. (2) During the whole growth period of maize, MS raised 68 mm of soil storage in the 0—160 cm soil layer compared to CK, and the 3-year average water content in MS, FM and NM increased by 4.5%, 0.4% and 1.2% respectively. (3) Compared to CK, maize yield of MS increased by 17.4%, WUE of MS increased by 24.8%. Thus, the plastic film combined with straw mulch could improve soil temperature, moisture, and consequently improve maize yield and WUE, should be the best mulching pattern for dryland maize cultivation in Shanxi Province.

Keywords: mulching; soil temperature; soil moisture; maize

山西省属于半湿润易旱区,十年九旱。春玉米一年一熟,多实行冬季休闲,主要依赖自然降水,但降水年际间波动剧烈,且季节性分布不均,致使产量低而不稳,所以有限水资源的高效利用是山西省旱地玉米生产面临

的主要问题^[1]。以地膜覆盖、秸秆覆盖为主的地表覆盖栽培是提高旱地土壤贮水和作物产量的一个重要措施,并在旱地玉米栽培中大面积推广应用^[2-4]。在两种覆盖技术推广应用的实践中,出现了地膜覆盖导致地力下降

和秸秆覆盖造成前期低温的不利状况^[5-8]。将 2 种覆盖材料组合使用,可以有效克服各自缺点,对促进玉米生长发育和增产有明显效果^[9]。已有研究主要集中在地膜与秸秆覆盖对作物生长发育的影响^[7,10],或单独研究其中一种覆盖方式与常规种植的差异,而将地膜和秸秆覆盖结合起来,探究不同降雨年型对旱地农田土壤水温变化规律、降水高效利用的研究较少。为此,本试验以春玉米为试验材料,于 2013—2015 年在山西省寿阳县景尚乡张韩村,连续定点定位试验,通过秸秆和地膜覆盖的有机结合,分析不同覆盖方式对旱地农田土壤水温变化规律、降水高效利用的影响,确定适宜当地生产和生态的最佳种植方式,为该地区农田水分的保蓄和高效利

用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013—2015 年在山西省晋中市寿阳县张韩村种植区进行,属晋中盆地东北边缘的黄土丘陵山地,地处 113°13′03″E,37°46′12″N,海拔 1 210 m。该区属北方旱作区,为温带大陆性季风气候,冬春季节干燥寒冷,夏秋季节温暖湿润,雨热同期,降水主要集中在 7—9 月份,年均降雨量 534.80 mm。地表黄土覆盖深厚,土壤以在黄土母质基础上发育的褐土为主。土壤基本理化性状见表 1。

表 1 试验区土壤基本理化性状

土层 深度/cm	pH	全氮含量/ %	水解氮含量/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾含量/ (mg·kg ⁻¹)	有机质含量/ (g·kg ⁻¹)	有效磷含量/ (mg·kg ⁻¹)	土壤容重/ (g·cm ⁻³)
0—20	8.06	0.088	143.72	102	9.40	11.71	1.12
20—40	8.36	0.072	64.83	92	7.55	6.24	1.45

1.2 试验处理与方法

供试玉米品种为大丰 30,试验采用随机区组设计,共 4 个处理:

- (1)露地平作,简称“露地(CK)”:播前整地后,不覆盖地膜,采用等行距播种方式,行距 50 cm,株距 33 cm;
- (2)微垄窄膜覆盖,简称“窄膜覆盖(NM)”:用 80 cm 宽的地膜覆盖垄面,每隔 200 cm 压土腰带,净膜 30 cm,膜间留 60 cm 的空隙,玉米播种于膜侧 5 cm,株距 33 cm;
- (3)宽膜覆盖垄作,简称“宽膜覆盖(FM)”:用 160 cm 宽的地膜覆盖垄面,每隔 200 cm 压土腰带,净膜 140 cm,膜间留 55 cm 的空隙,采用宽窄行播种方式,每幅膜下 4 行玉米,株距 30 cm;
- (4)秸秆地膜二元覆盖,简称“二元覆盖(MS)”:用 80 cm 宽的地膜覆盖垄面;播种(同窄膜覆盖)后,作物行间裸地覆盖玉米秸秆,覆盖量 3 000 kg/hm²。

各处理 3 次重复,小区面积为 35 m²,所有处理均施用晨雨肥调控肥(N—P₂O₅—K₂O 为 23—12—5)作为基肥一次性施入,施用量为 1 305 kg/hm²(氮肥 300 kg/hm²)。种植密度为 60 000 株/hm²,2013—2015 年播种时间为 4 月 27 日至 5 月 1 日,收获时间为 10 月 7 日至 10 日,3 年中试验在同一地块进行。

1.3 测定项目与方法

- 1.3.1 土壤温度 将 MicroLiteUSB 地温计在玉米播后第 2 天埋于各处理 0—5,5—10,10—15 cm 土层 3 次重复测定土壤温度。设定地温计每 1 h 测定一次土壤温度,收获后取出。
- 1.3.2 土壤水分及水分利用效率 每小区中部各埋设一根中子管,深度 160 cm。从玉米种植到收获,定

期用 CPN—503 型中子仪(20~160 cm)和 6050X1Trase 系统(0—20 cm)测定土壤含水量,中子仪每隔 20 cm 为一层测定土壤水分。

土壤水分贮存量 $H=V\times h\times 10$ 。式中: V 为土壤体积含水量(%); h 为土层厚度(mm)。

玉米生育期耗水量(mm)=播前土壤贮水量+生育期降水量-收获后土壤贮水量

水分利用率[kg/(mm·hm²)] = 玉米产量/生育期耗水量

1.3.3 产量 收获前小区调查实际株数、双穗株数、空秆数、丢失穗数。收获时,每小区单打单收实际测产。

1.4 数据分析

采用 DPS 统计分析方法对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 玉米生育期降水分析

从图 1 可以看出,2013 年度玉米生育期总降雨量为 545 mm,为多年平均 110%,属正常的降雨年型,虽然 5 月的降雨量最低仅有 16 mm,比多年平均少 24 mm,比较干旱,但是 6—7 月份降雨量大且集中,弥补了前期的干旱。2014 年度玉米生育期降雨量 396 mm,为多年平均 80%,属干旱的降雨年型,玉米生长旺盛的 8 月降雨较常年少 58%。2015 年度玉米生育期降雨量为 474 mm,为多年 96%,属正常的降雨年型,但是玉米生长旺盛的 7—8 月份的降雨量分别为多年同期降雨量的 45%和 125%,使玉米在大喇叭口期一抽雄吐丝期受到严重的干旱影响,生长后期较多降雨已无法弥补。可见,季节降水分布不均和年际间降水变率较大限制了该区农业生产,较多次数的无效降雨使有限的降水资源不能得以充分利用。

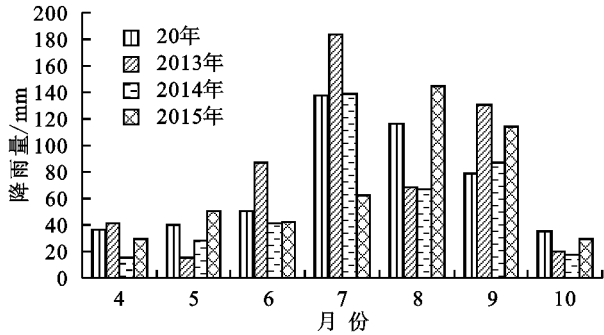


图 1 生育期降水比较

2.2 二元覆盖的土壤温度效应

覆盖处理在地表和大气间形成特殊的辐射和热量交换障碍层,对辐射吸收转化和热量传导均有影响,改变了地表的辐射环境,白天遮挡太阳辐射,夜间则阻断地表自身的长波辐射,有效调节了地温^[11]。3年的地温变化趋势一致,故选取 2015 年各处理的地温为代表进行动态变化分析。对不同处理播种后 45 天土壤耕层温度观测表明,随着玉米生育期的推进,不同覆盖方式 10 cm 土层地温变化趋势一致,玉米苗期,玉米种植区昼夜 24 h(图 2d)平均耕层温度大小

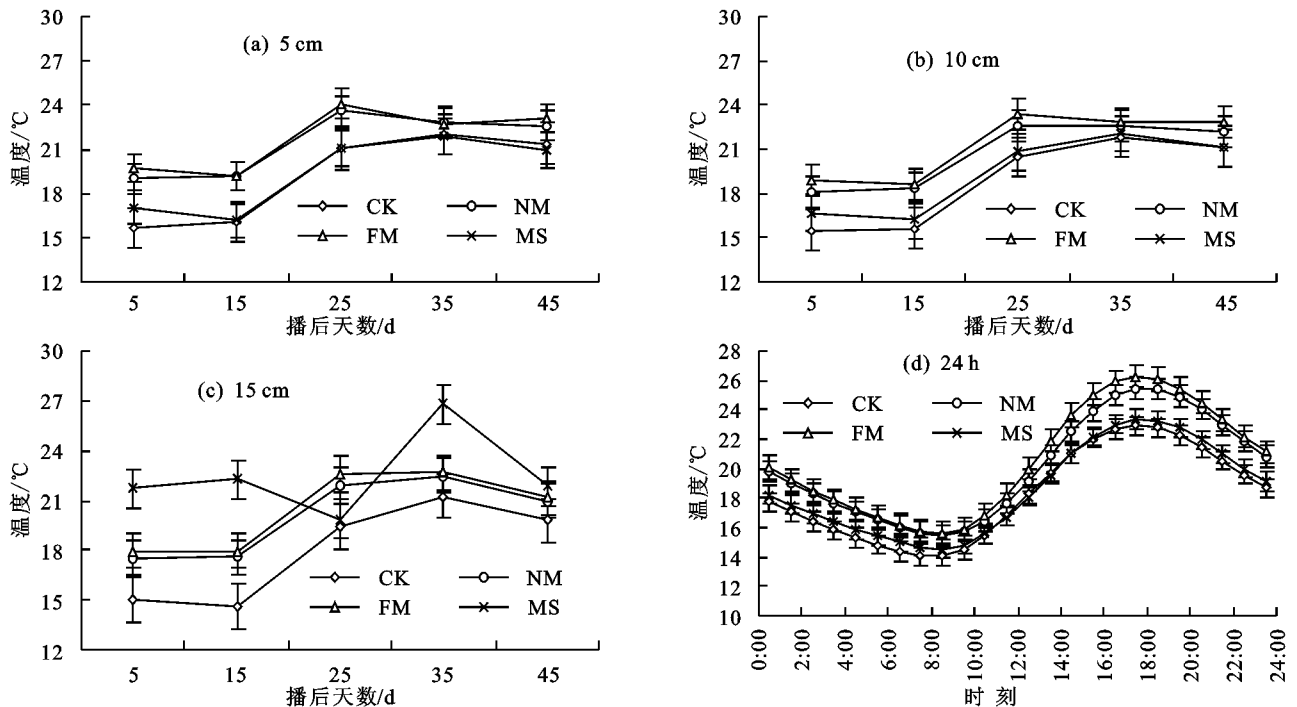


图 2 苗期不同覆盖方式地温变化

2.3 二元覆盖方式的水分效应

2.3.1 二元覆盖方式的土壤贮水量变化 不同覆盖处理相当于增添了土壤隔离保护层,覆盖物白天遮挡太阳辐射,调节了地温减轻了水分的蒸发,加之覆盖物本身的物理遮蔽作用,有效地提高了土壤保墒能力^[11]。不同覆盖种植方式玉米田 0—160 cm 土壤水分季节变化有明显差异,并且与生育期和当年降水分配密切相关。

2013 年,不同覆盖种植方式玉米田 0—160 cm

依次为 $FM > NM > MS > CK$; 播种 30 天以后,宽膜覆盖(FM)和窄膜覆盖(NM)的地温差异不显著;二元覆盖(MS)昼夜温差比其他处理变化幅度小,且昼夜相差 8.8°C ,而宽膜覆盖(FM)昼夜相差最大为 10.7°C ,表明在玉米苗期,二元覆盖能防止白天耕层土壤温度过度上升和晚上温度过度下降。研究发现在播后 45 天,窄膜覆盖、宽膜覆盖和二元覆盖在 5 cm 土层的土壤温度分别较露地提高了 2.20, 2.54, 0.18°C (图 2a);不同覆盖方式在 10 cm 土层的土壤温度变化趋势同 5 cm 土层(图 2b)。在整个生育期,宽膜覆盖(FM)耕层日平均温度比 CK 高 3.2°C ,而覆盖秸秆的降温作用,导致二元覆盖(MS)的土壤温度在覆盖处理中最低。秸秆地膜二元覆盖(MS)的增温表现在 15 cm 土层(图 2c),并且播后 25~35 天的土壤温度由 19.1°C 升到 26.5°C ,呈现微弱的增温效应,表明秸秆覆盖对于较深层的土壤具有缓和地温激变的作用,且随深度的增加而加强;同时由于地膜能够提高土壤温度,所以秸秆地膜二元覆盖能够满足玉米生长所需的温度。

土壤贮水量季节变化与这一年度玉米生育期降水变化趋势一致,玉米整个生育期秸秆地膜二元覆盖处理(MS)0—160 cm 土壤贮水量明显高于其他 NM、FM 和 CK 处理,达显著水平(图 3),表明在覆膜的基础上增加秸秆覆盖能够增加土壤的保蓄能力。

2014 年,玉米播前不同覆盖处理 0—160 cm 土壤贮水量较 CK 处理明显增多,对确保苗齐、苗壮具有重要意义,可起到保墒的作用。玉米拔节之前秸秆地膜二元覆盖处理(MS)0—160 cm 土壤贮水量明显

高于 NM、FM 和 CK 处理,达显著水平(图 3)。玉米出苗后随着气温升高和生长迅速,蒸发蒸腾加强,玉米根系对土壤水分的利用逐渐加强,覆盖处理在 0—160 cm 土层的贮水量迅速下降,除了 MS 处理的贮水量高于 CK 处理,NM 和 FM 处理明显低于 CK 处理,这可能是由于 CK 处理玉米生长缓慢,对土壤水分消耗较小;在 7—8 月的雨季 0—160 cm 土壤贮水量有一定程度的升高;玉米灌浆后期,各处理 0—160 cm 土壤贮水量仍在下降,但由于 CK 处理地表无覆盖,玉米冠层较小,对地面遮阴弱,这一时期 0—160 cm 土壤贮水量在地表蒸发作用下降低较覆盖处理快,但因前期对水分消耗小,CK 处理 0—160 cm 土壤贮水量仍高于覆盖处理,而 MS 处理由于秸秆覆盖的保墒作用和减少地面蒸发的作用,其土壤贮水量仍高于 NM 和 FM 处理;玉米收获期,受降雨影响,各处理 0—160 cm 土壤贮水量增加。

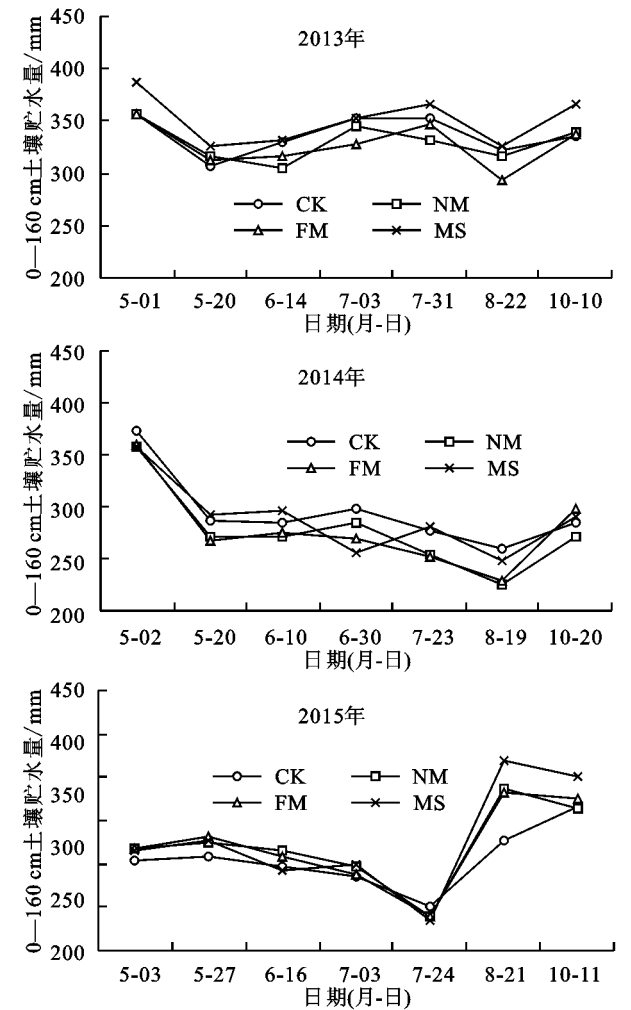


图 3 不同覆盖种植方式玉米田 0—160 cm 土壤贮水量的季节变化

受冬闲期水分损失影响,2015 年播前各处理 0—160 cm 土壤贮水量整体较低。玉米苗期到抽雄期(5 月 1 日至 7 月 31 日),降雨量为 155 mm,仅为多年平均降雨量的 58%,导致各处理 0—160 cm 土壤贮水

量降低,由于受降水的影响大于覆盖的影响,使各处理间 0—160 cm 土壤贮水量差异不显著。从抽雄期到玉米收获,降水为多年平均的 126%,使各处理的 0—160 cm 土壤贮水量迅速升高,各处理土壤贮水量的高低顺序为 MS>FM>NM>CK。不同覆盖种植方式土壤贮水量年际间变化较大,随着玉米生长,2013 年和 2014 年收获后 0—160 cm 土层贮水量较播前都有所下降;2015 年从抽雄期到玉米收获降雨较多,导致收获后土壤贮水量大于播前;但秸秆地膜二元覆盖(MS)3 年的 0—160 cm 土层收获后贮水量均显著高于 CK 处理,每年分别较 CK 增加 9.2%,2.5%和 11.4%。3 年平均土壤贮水量显示,玉米整个生育阶段,秸秆地膜二元覆盖(MS)0—160 cm 土层的土壤贮水量较 CK 增加 68 mm,能显著提高玉米全生育期土壤贮水量。

2.3.2 二元覆盖方式的土壤含水量空间变化 图 4 为不同覆盖种植方式 2013—2015 年生育期 0—160 cm 土层土壤含水量的变化。由图 4 可知,各覆盖处理土壤含水量在不同降水年型与 CK 存在较大差异,其中,2015 年差异最大,2013 年次之,2014 年最小。整个生育期不同土层的含水量变化各覆盖处理基本一致,0—20 cm 土壤含水量最低,20—60 cm 土壤含水量变化剧烈,由浅到深土壤含水量先升高后降低,60—160 cm 土壤含水量相对稳定。

进一步比较不同处理各土层土壤含水量变化情况,对各处理不同土层 3 年平均含水量进行分析,得出 0—20 cm 表层土壤含水量各覆盖处理无一定规律;20—60 cm 各覆盖处理土壤含水量差异显著,大小依次为 MS>FM>NM>CK;60—160 cm 各覆盖处理与 CK 差异逐渐减小。从 0—160 cm 土层 3 年平均含水量来看,MS、FM 和 NM 比 CK 分别提高 4.5%,0.4%和 1.2%。由此可见,秸秆地膜二元覆盖(MS)的不同土层平均土壤含水量均优于其他覆盖方式。

2.3.3 二元覆盖方式下玉米的耗水量、产量和水分利用效率 由于不同的降雨年型,导致不同覆盖种植方式玉米耗水量年际间差异显著,但处理间差异不显著(表 2)。玉米生育期耗水量秸秆地膜二元覆盖(MS)最低,3 年平均较露地平作(CK)减少 16 mm。覆盖处理的产量显著高于 CK,而覆盖处理之间的产量差异不显著。但从 3 年平均结果显示,二元覆盖的产量最高,比露地增产 17.4%。在 2015 年严重干旱的条件下,二元覆盖表现出增产的优势。

不同覆盖种植方式玉米水分利用效率(WUE)与产量的结果一致,表现出 MS>FM>NM>CK,秸秆地膜二元覆盖(MS)比露地平作(CK)提高 24.8%,比窄膜覆

盖(NM)和宽膜覆盖(FM)分别提高 13.2%,10.2%(表 2)。因此,在旱作农田,秸秆地膜二元覆盖种植能够增加作物对降水和土壤水的利用,促进作物生长发育,并保持有限的水分供作物生长所需,是提高作物产量和水分利用的有效措施。

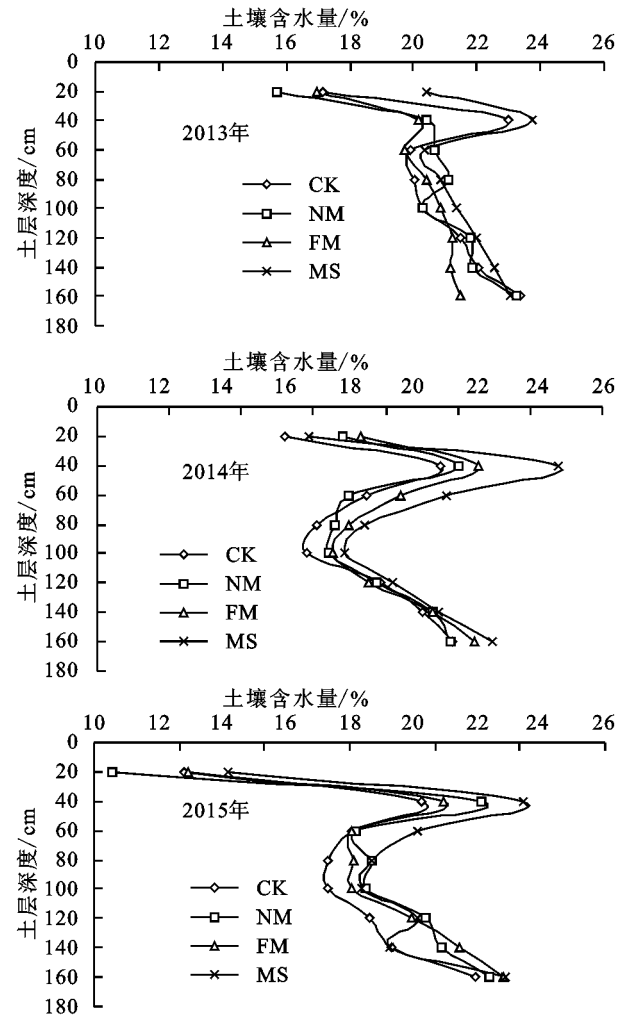


图 4 不同覆盖种植方式玉米田 0—160 cm 土壤含水量空间变化

3 讨论

(1)地膜覆盖跟露地相比,能有效地增加生育期积温,尤其在作物生育前期有明显的增温效果。玉米地膜覆盖在低温期增温效果非常明显,0—20 cm 土层土壤平均温度比无覆盖时高 3~5 ℃,播种出苗和营养生长期,地膜覆盖可增加积温 180 ℃左右^[12-13]。与本研究结果相似,玉米苗期,玉米种植区昼夜 24 h 平均耕层温度大小依次为,宽膜覆盖>窄膜覆盖>二元覆盖>露地;而秸秆覆盖产生低温效应,是由于秸秆阻挡了太阳辐射及热量传导,使土壤温度明显降低,在玉米全生育期内,秸秆全覆盖处理 0—20 cm 土层的温度比露地栽培低 2.34~3.15 ℃^[14]。本研究结果显示,将地膜和秸秆这 2 种覆盖材料组合使用,二元覆盖昼夜温差比宽膜覆盖、窄膜覆盖和露地变化幅度小,昼夜相差 8.8 ℃,表明在玉米苗期,二元覆盖能防止白天耕层土壤温度过度上升和晚上温度过度下降。本研究还发现在播后 25~35 天,15 cm 土层的土壤温度由 19.1 ℃升到 26.5 ℃,呈现微弱的增温效应,表明秸秆覆盖对于较深层的土壤具有缓和地温激变的作用,且随深度的增加而加强。

(2)覆盖秸秆和地膜使地表裸露面积减少,蒸发量降低,同时覆盖秸秆有利于充分利用自然降水并且增加水分的下渗,所以能提高土壤含水量^[15-16]。二元覆盖由于地膜和秸秆的双重保墒作用,其保墒效果优于单纯的地膜覆盖或单纯的秸秆覆盖^[9],与本研究结果一致。本研究结果表明,玉米整个生育期秸秆地膜二元覆盖处理 (MS)0—160 cm 土壤贮水量明显高于其他 NM、FM 和 CK 处理,土壤贮水量较 CK 增加 68 mm,能显著提高玉米全生育期土壤贮水量;3 年平均含水量来看,MS、FM 和 NM 比 CK 分别提高 4.5%,0.4%和 1.2%。

表 2 不同覆盖方式玉米的水分利用效率

年份 (年)	处理	播前 0—160 cm 土层贮水量/mm	收获后 0—160 cm 土层贮水量/mm	生育期降 雨量/mm	耗水量/ mm	籽粒产量/ (kg·hm ⁻²)	水分利用效率/ (kg·mm ⁻¹ ·hm ⁻²)
2013	露地平作 CK	357b	336b	502	523a	14536b	27.8b
	窄膜覆盖 NM	357b	340b	502	519a	16063a	31.0a
	宽膜覆盖 FM	355b	337b	502	520a	16216a	31.2a
	二元覆盖 MS	387a	367a	502	522a	15863a	30.3a
2014	露地平作 CK	372a	284ab	343	432a	10499a	24.3b
	窄膜覆盖 NM	358b	271b	343	431a	11618b	27.0a
	宽膜覆盖 FM	359b	298a	343	404b	11028a	27.3a
	二元覆盖 MS	358b	291a	343	411b	11630a	28.3a
2015	露地平作 CK	254b	316b	415	353ab	10620b	30.1b
	窄膜覆盖 NM	267a	315b	415	367a	11923ab	32.5ab
	宽膜覆盖 FM	268a	326b	415	357ab	12384ab	34.7ab
	二元覆盖 MS	264a	352a	415	327b	14382a	43.9a

注:表中同列数据后不同字母表示在 5%水平上差异显著。

(3)旱地农业措施的中心是充分利用自然降水,而有效利用土壤深层水分是其途径之一。地膜覆盖能够阻止水分蒸发,增强深层土壤水分上升和利用,有利于旱地作物吸水,改善作物的生长发育状况,加快水分在土壤—植物—大气间的运转,使作物显著增产,水分利用效率显著提高^[17-18]。本研究结果表明,不同覆盖种植方式3年平均产量结果,二元覆盖最高,比露地增产17.4%。水分利用效率与产量的结果一致,WUE表现出MS>FM>NM>CK,3年平均MS比CK提高24.8%,比NM和FM分别提高13.2%,10.2%。在2015年严重干旱的条件下,二元覆盖表现出很好的节水增产优势。

4 结论

山西省旱区季节性降水分布不均和年际间降水变率较大限制了农业生产,较多次数的无效降水使有限的降水资源不能得以充分利用。秸秆地膜二元覆盖能综合改善田间温度、水分等生活因子,从而提高了玉米的产量和水分利用效率。

(1)将地膜和秸秆覆盖材料组合使用,二元覆盖昼夜温差比宽膜覆盖、窄膜覆盖和露地变化幅度小,二元覆盖昼夜相差8.8℃;并且在播后25~35天,15 cm土层的土壤温度由19.1℃升到26.5℃,呈现微弱的增温效应。

(2)玉米整个生育期秸秆地膜二元覆盖处理(MS)0—160 cm土壤贮水量较CK增加68 mm;3年平均含水量显示,MS、FM和NM比CK分别提高4.5%,0.4%和1.2%。

(3)秸秆地膜二元覆盖(MS)处理,比露地增产17.4%,水分利用效率提高24.8%,表明秸秆地膜二元覆盖是山西省旱地玉米最佳的覆盖方式。

参考文献:

- [1] 王娟玲.旱作节水农业研究新进展[M].北京:中国农业出版社,2010:19-21.
- [2] 李华,王朝辉,李生秀.旱地小麦地表覆盖对土壤水分硝态氮累积分布影响[J].农业环境科学学报,2011,30(7):1371-1377.
- [3] 王红丽,张绪成,宋尚有.半干旱区旱地不同覆盖种植方式玉米田的土壤水分和产量效应[J].植物生态学报,2011,35(8):825-833.
- [4] 王红丽,张绪成,宋尚有,等.旱地全膜双垄沟播玉米的土壤水热效应及其对产量的影响[J].应用生态学报,2011,22(10):2609-2614.
- [5] 李仙岳,彭遵原,史海滨,等.不同类型地膜覆盖对土壤水热与葵花生长的影响[J].农业机械学报,2015,46(2):97-103.
- [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] 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水分的动态变化[J].水土保持学报,2011,25(5):261-264.
- [8] 鲁向晖,高鹏,王飞,等.宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用及产量的影响[J].土壤通报,2008,39(6):248-251.
- [9] 解文艳,周怀平,杨振兴,等.不同覆盖方式对旱地春玉米土壤水分和作物生产力的影响[J].水土保持学报,2014,28(4):128-133.
- [10] 卜玉山,王建程,邵海林,等.不同覆盖材料土壤生态效应与玉米增产效应研究[J].中国生态农业学报,2005,13(2):138-141.
- [11] 曹晋军,刘永忠,李万星,等.不同覆盖方式对土壤水热状况和玉米水分利用效率的影响[J].中国农学通报,2013,29(33):107-111.
- [12] 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.
- [13] 王琪,马树庆,郭建平,等.地膜覆盖下玉米田土壤水热生态效应试验研究[J].中国农业气象,2006,27(3):249-251.
- [14] 郭庆法,王庆成,王黎明.中国玉米栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,2004.
- [15] 李迎,刘小飞,段爱旺,等.覆盖对夏玉米产量及水分利用效率的影响[J].中国农学通报,2011,27(15):189-193.
- [16] 蔡太义,贾志宽,黄耀威,等.中国旱作农区不同量秸秆覆盖综合效应研究进展 I.不同量秸秆覆盖的农田生态环境效应[J].干旱地区农业研究,2011,29(5):63-68,74.
- [17] 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.
- [18] 王敏,王海霞,韩清芳,等.不同材料覆盖的土壤水温效应及对玉米生长的影响[J].作物学报,2011,37(7):1249-1258.