

# 不同覆盖方式对小麦产量和土壤水热状况的影响

王平<sup>1</sup>, 郭小俊<sup>1</sup>, 张丽娟<sup>2</sup>, 王国宇<sup>1</sup>, 魏珑<sup>1</sup>, 胡建萍<sup>1</sup>

(1. 兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730000; 2. 庆阳市农业科学院, 甘肃 庆阳 745000)

**摘要:** [目的] 研究不同覆盖方式对土壤水热变化特征及春小麦产量的影响, 为该地区选择蓄水保墒的覆盖材料及方法提供理论依据。[方法] 试验以传统无覆盖平作为对照(CK), 设置秸秆覆盖量 SW<sub>1</sub>(1 500 kg/hm<sup>2</sup>), SW<sub>2</sub>(3 000 kg/hm<sup>2</sup>), SW<sub>3</sub>(4 500 kg/hm<sup>2</sup>), 全膜覆土穴播(FT), 全膜垄作(RT), 共 6 个处理。[结果] 与 CK 相比, RT 能提早小麦出苗时间, 缩短生育期时间(103 d), 而 SW<sub>3</sub> 推迟小麦出苗, 延缓了生殖生长(生育期 124 d); 小麦苗期 FT, RT 处理对 0—5 cm 土层增温效果显著, 以 RT 处理增温显著, 较 CK 增温 3.97 °C, 拔节至成熟期 FT, RT 处理增温效果逐渐减弱, SW<sub>1</sub>, SW<sub>2</sub> 及 SW<sub>3</sub> 处理在小麦苗期对 0—5 cm 土层具有降温作用, 拔节至成熟期表现为增温效应, SW<sub>3</sub> 增温效果最好; 小麦苗期 FT, RT 处理 0—100 cm 土层土壤水分含量显著高于 CK, SW<sub>1</sub>, SW<sub>2</sub> 及 SW<sub>3</sub> 处理, 小麦拔节至成熟期 SW<sub>1</sub>, SW<sub>2</sub> 及 SW<sub>3</sub> 处理 0—100 cm 土层土壤含水量高于其他处理, 以 SW<sub>3</sub> 处理最高; FT, SW<sub>3</sub> 处理增产效果最佳(FT, SW<sub>3</sub> > SW<sub>2</sub> > SW<sub>1</sub> > RT > CK), 比 CK 增产 46.23%, 且 SW<sub>3</sub> 可以显著降低小麦生育期耗水量(18.53%), 改善水分利用效率(67.67%)。[结论] 秸秆覆盖 SW<sub>3</sub>(4 500 kg/hm<sup>2</sup>) 可以改善土壤水热状况, 减少小麦耗水量, 增加水分利用效率, 提高小麦产量, 与全膜覆土穴播可能造成的白色污染相比, 适宜在旱作小麦生产中应用和推广。

**关键词:** 覆盖方式; 土壤温度; 土壤含水量; 小麦产量

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)05-0069-07

**中图分类号:** S512.1<sup>+</sup>2, S157.4

**文献参数:** 王平, 郭小俊, 张丽娟, 等. 不同覆盖方式对小麦产量和土壤水热状况的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 69-75. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.012; Wang Ping, Guo Xiaojun, Zhang Lijuan, et al. Effects of different mulching patterns on soil hydrothermal characteristics and wheat yield[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 69-75. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.012

## Effects of Different Mulching Patterns on Soil Hydrothermal Characteristics and Wheat Yield

WANG Ping<sup>1</sup>, GUO Xiaojun<sup>1</sup>, ZHANG Lijuan<sup>2</sup>, WANG Guoyu<sup>1</sup>, WEI Long<sup>1</sup>, HU Jianping<sup>1</sup>

(1. Lanzhou Agro-technical Research and Popularization Center, Lanzhou, Gansu

730070, China; 2. Qingyang Academy of Agricultural Sciences, Qingyang, Gansu 745000, China)

**Abstract:** [Objective] The influences of different field mulching treatments on soil hydrothermal characteristics and grain yield of spring wheat were studied to provide theoretical basis for the selection of mulching materials and method of soil moisture conservation. [Methods] The experiment had six treatments: traditional flat planting (CK), three levels of wheat straw (straw mulching quantities were 1 500 kg/hm<sup>2</sup> (SW<sub>1</sub>), 3 000 kg/hm<sup>2</sup> (SW<sub>2</sub>), and 4 500 kg/hm<sup>2</sup> (SW<sub>3</sub>)), whole field soil-plastic mulching (FT), and ridges were covered with plastic and the furrows received no mulching (RT). [Results] As compared with CK, RT could advance the seedling emergence, and shorten the growth duration days (103 d). Whereas, SW<sub>3</sub> could delay the emergence, postpone the growth duration (124 d). Treatments of FT and RT could increase soil temperature (0—5 cm) and soil water content (0—100 cm) at the seedling stage. The averaged soil temperature increment was 3.97 °C under RT in comparison with that of CK. Treatments of FT and RT could not increase soil

收稿日期: 2017-02-21

修回日期: 2017-02-27

资助项目: 兰州市科技局计划项目“旱作农业轮耕技术及配套耕作技术的研究与开发”(2015-3-60)

第一作者: 王平(1979—), 男(汉族), 甘肃省定西市人, 硕士研究生, 农艺师, 主要从事作物栽培与耕作工作。E-mail: wangping0931@163.com。

通讯作者: 郭小俊(1962—), 男(汉族), 甘肃省临洮县人, 本科, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。E-mail: 502520007@qq.com。

temperature (0—5 cm) and soil water content (0—100 cm) remarkably at stages from jointing to maturity.  $SW_1$ ,  $SW_2$  and  $SW_3$  decreased soil temperature (0—5 cm) and soil water content (0—100 cm) at the seedling stage, whereas increased soil temperature (0—5 cm) and soil water content (0—100 cm) at stages from jointing to maturity. Soil water content was higher under  $SW_3$  treatment than those of others. Wheat yields under FT and  $SW_3$  treatments were significantly higher than those of other treatments ( $SW_3$ , FT >  $SW_2$  >  $SW_1$  > RT > CK). In comparison with the yield of CK, the significant increase under  $SW_3$  was 46.23%, water use efficiency increased by 67.67%, and total water consumption decreased by 18.53%. [Conclusion] Soil moisture and temperature conditions were both improved, wheat yield and water use efficiency were also increased, simultaneously total water consumption was decreased. If the problem of “white pollution” of plastic film mulching is considered, undoubtedly, the wheat straw mulching  $SW_3$  (4 500 kg/hm<sup>2</sup>) is appropriate for its environment-friendship, high-yielding management solution and ecosystem sustainability in dryland agriculture.

**Keywords:** mulching pattern; soil temperature; soil moisture; wheat yield

西北黄土高原半干旱地区,光照资源丰富,降水量少且蒸发量大,降水与农作物供需错位是限制农业生产力提高、农业经济发展的主要因子。近年来,随旱作农业节水技术的全面发展,覆盖栽培已是西北地区主要的抗旱栽培方式。覆盖方式主要为地膜覆盖与秸秆覆盖,其显著的作用就是保墒和调节土壤温度,旱作农业节水技术主要集中在覆盖栽培上。地膜覆盖技术因其良好的增温增产,蓄水保墒作用在甘肃得到了大面积的推广,如全膜双垄沟播、全膜覆土穴播等技术,而秸秆覆盖栽培在以兰州为代表的雨养农业区,山旱地多、机械化程度低,应用处于探索阶段。

传统农业耕作地表裸露,土壤水分蒸发强,水分利用效率低下。覆盖能够有效提高自然降水的利用效率,使作物产量大幅度增加,覆膜与秸秆覆盖对土壤水温与产量的影响有所差异,段义忠等<sup>[1]</sup>研究表明旱地马铃薯普通地膜、秸秆覆盖较传统耕作方式耕层土壤(0—25 cm)日平均温度提高 3.62, 2.01 °C,土壤含水率增加 3.25%, 2.24%,产量提高 10.33%, 23.03%。王兆伟等<sup>[2]</sup>研究发现秸秆覆盖可以起到集雨保墒、有效地抑制土壤蒸发作用和调控土壤温度,抑制土壤蒸发作用与秸秆覆盖量成正比,而覆盖量过大会抑制作物生长生育而造成减产。孟毅等<sup>[3]</sup>研究证明小麦秸秆覆盖量越大,总耗水量越小,水分利用率随着覆盖量的增加而提高,且覆盖处理下土壤温度各生育阶段均高于不覆盖处理。区域气候环境、土壤类型、覆盖物质及管理措施等条件不同,不同的区域最佳覆盖效果下的秸秆覆盖量不同<sup>[4]</sup>。地膜覆盖在整个生育期内具有较好的保温增温效果,能降低土壤蒸发,提高水分利用效率<sup>[5]</sup>。

兰州地区降水主要集中于 6—9 月,作物前期生长易发生干旱,后期降水相对较多导致容易发生病害而作物减产。降水是旱地作物唯一的水分来源,充分

利用有限的天然降水、提高土壤的集雨保墒能力是旱地作物稳产、高产、高效生产的重要研究课题。因而,探索出能够有效集雨的栽培模式对于发展当地农业经济水平具有重要的意义。通过研发推广旱作栽培技术措施来实现该区农田水分的保蓄和高效利用是旱作区农业可持续发展的重要途径。因此,本文拟通过不同覆盖材料与覆盖方式进行旱地小麦栽培试验,研究不同覆盖材料及方式对土壤温度、水分和作物产量的影响,以期为该地区选择蓄水保墒的覆盖材料及方法提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2015 年在榆中县贡井乡贡井村进行,海拔高度 2 480 m,年均降水量 328.10 mm,蒸发量达 1 450 mm,年均气温 6.2 °C,全年日照时数 2 666 h,平均无霜期为 142 d,≥0 °C 积温 3 318 °C,≥10 °C 积温为 2 658.5 °C,属典型的半干旱气候。2015 年降雨量 366.1 mm,小麦全生育期降雨量 149.6 mm,年蒸发量为 1 330 mm。试区为典型的半干旱黄土丘陵区,供试土壤为黄绵土。

### 1.2 试验设计

供试春小麦品种为陇春 27。试验共设 6 个处理,以露地种植作为对照(CK),设置平作秸秆覆盖 3 个( $SW_1$ ,  $SW_2$ ,  $SW_3$ )、地膜覆盖 2 个(FT, RT),3 次重复。小区面积为 3.5 m×4 m,露地行距为 15 cm,小区间距为 50 cm,总占地面积为 230 m<sup>2</sup>。施肥量为纯氮 180 kg/hm<sup>2</sup>,纯磷 105 kg/hm<sup>2</sup>,一次性施入,不做追肥。农家肥 22 500 kg/hm<sup>2</sup>。地膜覆盖的出苗率为 95%,播种量均为 450~500 万粒/hm<sup>2</sup>,秸秆覆盖与 CK 的出苗率为 85%,播种量为 500~560

万粒/hm<sup>2</sup>。种植方式为,全膜覆土穴播、地膜垄作为小型穴播机播种,每穴 8~10 粒,传统耕作与秸秆覆盖用人工开沟的方式种植。

小麦秸秆覆盖(SW<sub>1</sub>):小麦秸秆长为 20 cm,秸秆量为 1 500 kg/hm<sup>2</sup>,播种后立即覆秸秆。

小麦秸秆覆盖(SW<sub>2</sub>):所覆秸秆量为 3 000 kg/hm<sup>2</sup>,其余同上。

小麦秸秆覆盖(SW<sub>3</sub>):秸秆量为 4 500 kg/hm<sup>2</sup>,其余同上。

全膜覆土穴播(FT):所用地膜厚度为 0.006 mm,播前一周铺膜覆土,膜面覆土 1.5 cm。

全膜垄作栽培(RT):采用穴播机在垄上进行种植,行距 16 cm。垄宽 90 cm,垄高 12cm,垄间沟宽 15cm。

### 1.3 样品采集与收获

在 2015 年小麦收获后(7 月 21 日)、播前(3 月 23 日)、出苗期(4 月 17 日)、拔节期(5 月 12 日)、开花期(6 月 2 日)、灌浆期(7 月 8 日)用土钻(内径为 4 cm)分别采集 0—100 cm 的土样,每 10 cm 为 1 采集层,采用对角线采样法,每小区 5 个点,同层样品混合,剔除作物根系后混匀分析。

### 1.4 测定项目

#### 1.4.1 土壤水分

(1) 称取鲜土样 20.00 g,放入称重的铝盒中,105 ℃下烘至恒重,用土样鲜重和干重之差计算土壤水分,水分含量以水分占干土重的百分数表示。

(2) 土壤贮水量: $W=h \times a \times b \times 10$

式中: $W$ ——土壤贮水量(mm); $h$ ——土层深度(cm); $a$ ——土壤容重( $g \cdot cm^{-3}$ ); $b$ ——土壤含水量(%);10——换算系数。

(3) 作物耗水量: $ET_a = P + U - R - F - \Delta W$

式中: $ET_a$ ——作物耗水量(mm); $P$ ——作物生育期有效降水量(mm); $U$ ——地下水补给量(mm); $R$ ——径流量(mm); $F$ ——深层渗漏量(mm); $\Delta W$ ——计算时段内土壤贮水量的变化(mm)。式中土壤贮水量及作物耗水量均以 2 m 土层含水量计算;因试验区地下水位较低,多在几十米以下,所以地下水上升补给量、深层渗漏、地面径流均忽略不计,因此上式可简化为: $ET_a = P - \Delta W$  [6]。

1.4.2 土壤温度 采用沃第森纽扣式电子温度记录仪进行温度测定,将温度记录仪埋入小麦地 5 cm 处,温度记录仪每隔 1 h 进行一次温度记载,日平均土壤温度采用 24 h 的均值。

1.4.3 小麦测产 于灌浆期测定每个小区小麦 hm<sup>2</sup>穗数;小麦成熟后,每个小区随机取 3 个 1 m<sup>2</sup> 面积

(非边行小区且离小区边 0.5 m 以上)测产,并取 20 株小麦进行考种(穗粒数、穗长、株高、小穗数、千粒重),并计算籽粒产量、生物产量。

### 1.5 相关计算及数据统计

水分利用效率=小麦籽粒产量/小麦生育期耗水量。

试验数据采用 Microsoft Excel 2007 进行处理及绘图,行处理 DPS 7.05 软件进行统计分析,用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 覆盖方式对小麦生育期的影响

如图 1 所示,覆盖方式显著影响小麦的生育进程,各处理春小麦生育天数为 103~124 d,其中播种至出苗的天数为 16~27 d,苗期至分蘖的天数为 16~18 d,拔节至开花的天数持续 36~45 d,开花至成熟的天数 36~42 d。与 CK 相比,覆膜处理有利于促进小麦出苗,覆膜垄作(RT)、覆土穴播覆膜(FT)处理下,出苗时间分别为 16,18 d,CK 与秸秆覆盖的出苗时间为 24~27 d,以 SW<sub>3</sub> 的出苗时间最晚;小麦灌浆至成熟期的天数为 27~33 d,以 RT 的灌浆时间最短,FT 与 SW<sub>3</sub> 的灌浆时间最长达到 30,32 d,其余灌浆时间在 30 d 以下,灌浆时间越长越有利于小麦籽粒产量的形成。

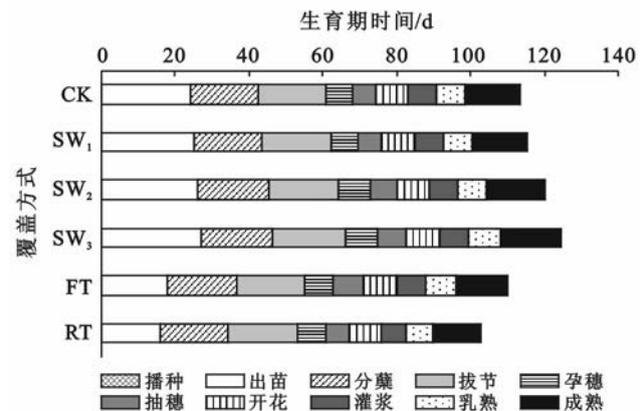


图 1 不同覆盖方式下的小麦生育期特征

注:SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub>,FT,RT 为不同覆盖方式(详见正文 1.2),CK 为对照。下同。

覆盖方式对小麦的出苗影响很大,与 CK 相比,覆膜处理能够促进小麦出苗,秸秆覆盖则延缓了小麦出苗时间,其中覆膜垄作(RT)更有利于小麦的出苗,仅需 16 d,覆土穴播覆膜(FT)小麦出苗 18 d。而覆盖秸秆推迟了出苗时间,随着覆盖秸秆量的增大出苗时间越迟,推迟 2~3 d。在小麦生育期,与秸秆覆盖延长了生育期(4~9 d),且随着秸秆覆盖量的增大延

缓时间越长;覆土穴播(FT)种植延长了小麦生育期,较 CK 迟熟 10 d。与 CK 相比覆膜缩短了小麦的生育期,促进了小麦的提前出苗,延缓了生殖生长过程。但 RT 后期出现了“青干现象”较 FT 生育期提前了 7 d,覆膜种植方式则提前促进了小麦的成熟。

## 2.2 覆盖方式对土壤温度的影响

4 月 0—5 cm 土壤平均温度 CK(9.88 °C),FT(12.86 °C),RT(13.81 °C),SW<sub>1</sub>(9.61 °C),SW<sub>2</sub>(9.02 °C),SW<sub>3</sub>(8.94 °C),大气温度为 12.57 °C(图 2)。4 月份地膜覆盖处理具有显著的保温作用,土壤温度较气温温度高,RT 处理较 FT,CK 处理土壤温度提高了 0.95,3.93 °C;随秸秆覆盖量的增大土壤温度逐渐下降,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理与 CK 相比,土壤温度分别降低了 0.27,0.86,0.94 °C。

5 月 0—5 cm 土壤平均温度 CK(13.65 °C),FT(15.32 °C),RT(14.43 °C),SW<sub>1</sub>(13.22 °C),SW<sub>2</sub>(12.85 °C),SW<sub>3</sub>(12.71 °C),大气温度为 14.87 °C。与 CK 相比地膜覆盖具有保温作用,秸秆覆盖具有降温作用。而垄作方式下的小麦提前进入了拔节期,地膜不同覆盖方式的作用发生了变化,覆土穴播对土壤温度的增温较覆膜垄作、CK 提高了 0.89,1.67 °C。在小麦播种至苗期地膜能够提高土壤表层温度,秸秆覆盖降低了土壤表层温度,且随着秸秆覆盖量的增加

地温下降越大。

6 月 0—5 cm 土壤平均温度 CK(15.98 °C),FT(16.80 °C),RT(16.02 °C),SW<sub>1</sub>(15.84 °C),SW<sub>2</sub>(15.97 °C),SW<sub>3</sub>(16.07 °C),大气温度为 17.85 °C。随小麦进入拔节抽穗期后,随秸秆量的增大,秸秆覆盖具有增温作用,SW<sub>3</sub> 处理与 CK 相比,提高了土壤温度 0.02 °C。

7 月 0—5 cm 土壤平均温度 CK(17.26 °C),FT(17.79 °C),RT(17.96 °C),SW<sub>1</sub>(17.18 °C),SW<sub>2</sub>(17.20 °C),SW<sub>3</sub>(18.30 °C),大气温度为 19.98 °C。地膜、秸秆覆盖均具有保温作用,其中 RT>FT,SW<sub>3</sub>>SW<sub>2</sub>>SW<sub>1</sub>。

小麦整个生育期土壤温度为 CK(15.02 °C),FT(16.22 °C),RT(16.16 °C),SW<sub>1</sub>(14.83 °C),SW<sub>2</sub>(14.97 °C),SW<sub>3</sub>(15.36 °C),大气温度为 17.18 °C,地温的变化与气温的变化一致,地温滞后于气温的变化。小麦全生育期地膜覆盖下(FT,RT)的 0—5 cm 土壤温度分别较 CK 高 1.20,0.94 °C,秸秆覆盖下的土壤温度 SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub> 较 CK 分别降低了 0.09,0.05 °C,SW<sub>3</sub> 较 CK 增加了 0.24 °C。

在本试验区,秸秆覆盖处理具有阶段性的降温与增温的双重效应,在小麦生育前期表现为降温,生育后期为升温。

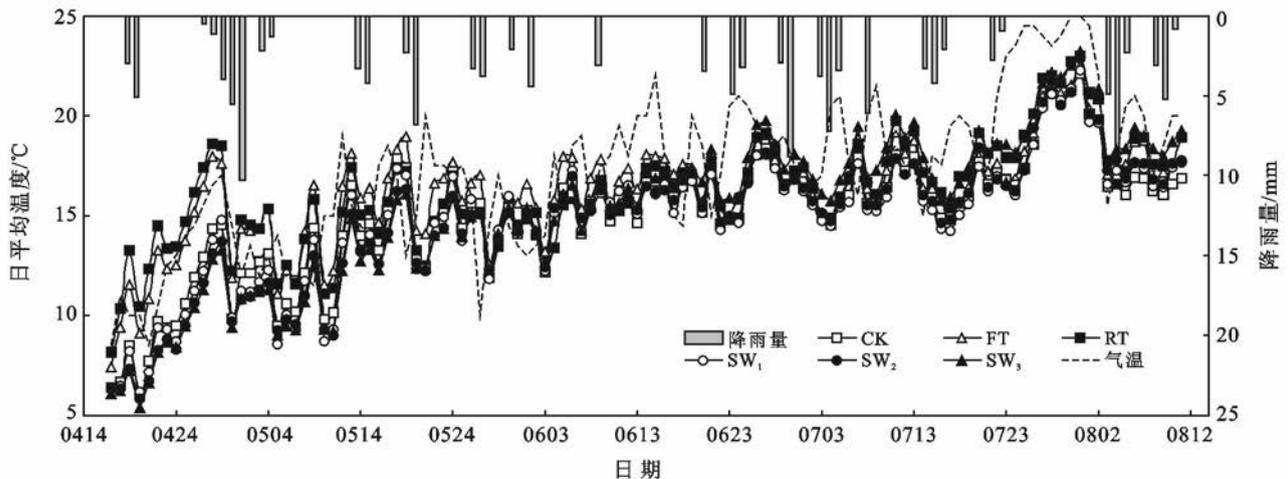


图 2 不同覆盖方式下的 0—5 cm 深度土层土壤温度的变化

## 2.3 覆盖方式对土壤水分的影响

不同覆盖方式下的 0—100 cm 土壤含水量在不同生育期的差异较大,随着小麦生育期的推进各层土壤含水量呈现逐渐降低趋势,在小麦成熟期的土壤含水量最低(图 3)。

小麦苗期,各处理土壤含水量垂直分布为先增后降。各处理 0—10 cm 土壤含水量差异不显著,10—100 cm 土层的土壤含水量差异较大,与 CK 相比各覆

盖种植方式均能够提高土壤含水量(FT>SW<sub>3</sub>>SW<sub>2</sub>>SW<sub>1</sub>>RT>CK),FT,RT,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理下土壤含水量较 CK 提高了 13.27%,3.72%,7.42%,8.16%,9.04%。覆膜具有保墒作用,FT>RT,RT 处理土壤含水量较低可能是小麦地温较高,生育期提前,小麦耗水量较大;FT 处理保墒集雨较好,土壤含水量较大;秸秆覆盖具有保墒作用,土壤含水量随秸秆覆盖量的增大而增加。

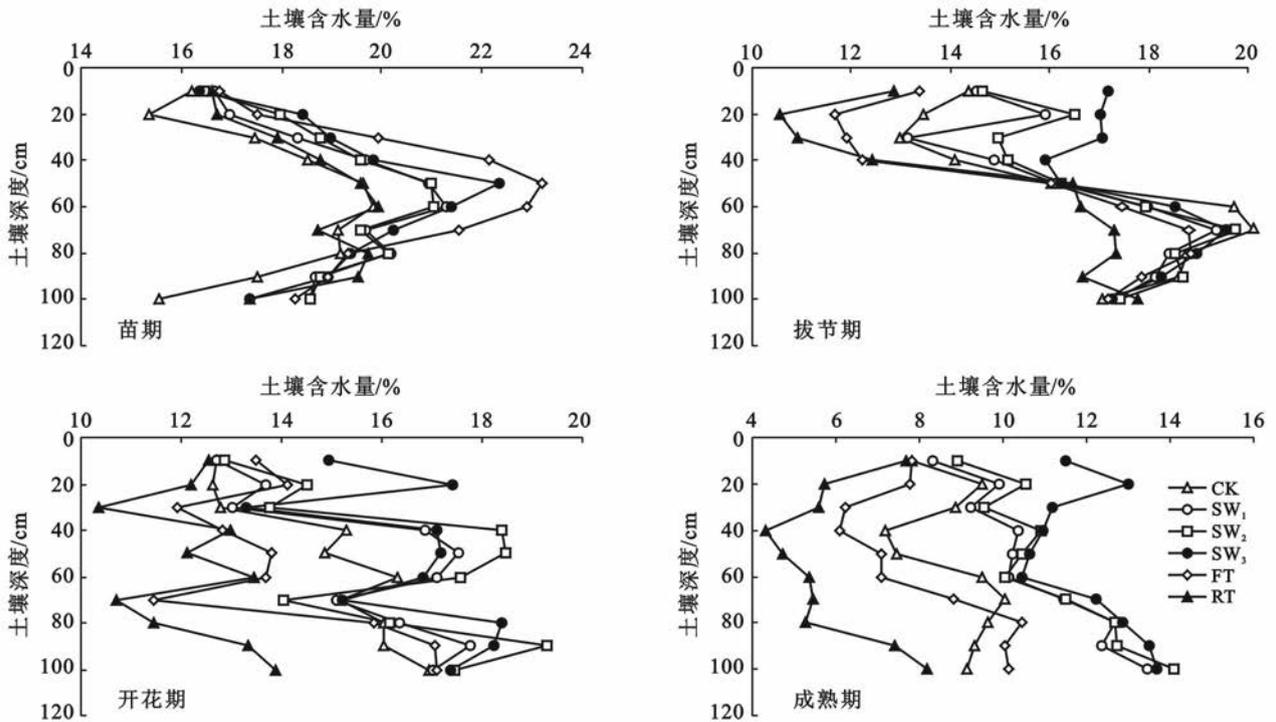


图 3 小麦各生育期土壤含水量的变化

小麦拔节期,0—40 cm 土层各处理土壤含水量差异较大,受小麦生长及覆盖方式的影响,各处理土壤含水量的大小为:SW<sub>3</sub>>SW<sub>2</sub>>SW<sub>1</sub>>CK>FT>RT,RT 和 FT 较 CK 降低了 14.78%,11.40%,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 与 CK 相比,土壤含水量提高了 6.46%,11.62%,22.38%。50—100 cm 土层土壤含水量的大小为 SW<sub>3</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>1</sub>,CK,FT>RT。

小麦开花期,各处理 40—100 cm 土层土壤含水量较 0—40 cm 提高 3.92%~15.90%。0—40 cm 土层各处理土壤含水量的大小为:SW<sub>3</sub>>SW<sub>2</sub>>SW<sub>1</sub>>CK>FT>RT,土壤含水量表现为 RT 和 FT 处理较 CK 分别降低了 9.96%,2.02%,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理下土壤含水量较 CK 提高了 5.39%,11.37%,17.46%。50—100 cm 土层土壤含水量表现为 RT 和 FT 处理较 CK 降低了 21.37%,7.73%,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理下土壤含水量较 CK 提高了 5.84%,8.00%,8.28%。

小麦成熟期,土壤含水量各处理差异显著,40—100 cm 土层土壤含水量较 0—40 cm 提高 4.24%~28.23%。RT 和 FT 处理下 0—40 cm 土层平均土壤含水量较 CK 均降低了 30.23%,16.46%,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理下的土壤含水量较 CK 提高了 13.38%,19.80%,39.85%。RT 和 FT 处理 50—100 cm 土层土壤含水量较 CK 分别降低了 33.91%,2.64%,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理土壤含水量较 CK 提高了 27.73%,29.94%,33.26%。

秸秆覆盖能显著提高 0—100 cm 土层土壤含水

量,且土壤含水量随秸秆覆盖量的增加而增加。地膜覆盖具有双重效益,前期小麦地膜覆盖较 CK 能够改善土壤水分状况,后期由于作物过度耗水致使土壤含水量较 CK 低。

## 2.4 覆盖方式对小麦产量和主要指标的影响

各处理小麦籽粒产量、生物产量、穗数、千粒重、耗水量及水分利用率差异显著(表 1)。覆盖方式显著影响小麦产量及生物产量(FT,SW<sub>3</sub>>SW<sub>2</sub>,RT,SW<sub>1</sub>>CK),FT,SW<sub>3</sub> 处理下籽粒产量、生物产量最大,较 CK 增幅分别为 13.75%~46.23%,5.75%~48.83%。

覆盖方式对小麦有效穗数的影响表现为地膜覆盖>秸秆覆盖>CK,RT 处理下有效穗数最大,较 CK 提高了 42.30%;覆盖方式下,麦穗粒数 FT,SW<sub>3</sub> 处理显著大于 SW<sub>2</sub>,SW<sub>1</sub>,RT,CK 处理;小麦千粒重在 SW<sub>3</sub> 处理下最大在 RT 处理下最小,主要是 RT 处理前期过量的耗水,小麦开花至成熟期土壤含水量低而无法提供作物的正常生长需求,在小麦灌浆期出现了“青干”现象。

秸秆覆盖能减少土壤耗水量,随秸秆覆盖量的增大而减小,而地膜覆盖能增加耗水量,与 CK 相比,FT 与 RT 增加了 4.58%,6.59%耗水量,与 CK 相比,SW<sub>1</sub>,SW<sub>2</sub>,SW<sub>3</sub> 处理降低了耗水量 4.22%,5.57%,9.87%。秸秆覆盖能显著提高水分利用效率,水分利用效率随秸秆覆盖量的增大而增大(SW<sub>3</sub>,SW<sub>2</sub>>SW<sub>1</sub>>FT>RT>CK)。

表 1 小麦产量性状及水分利用效率

处理	籽粒产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	生物产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> )	穗数/ (10 <sup>4</sup> · hm <sup>-2</sup> )	穗粒数/ 粒	千粒重/ g	耗水量/ mm	水分利用效率/ (kg · hm <sup>-2</sup> · mm <sup>-1</sup> )
CK	2 595.61 <sup>c</sup>	5 764.34 <sup>d</sup>	310.11 <sup>c</sup>	20.61 <sup>b</sup>	35.76 <sup>bc</sup>	270.62 <sup>ab</sup>	9.59 <sup>d</sup>
SW <sub>1</sub>	3 222.49 <sup>b</sup>	6 412.84 <sup>c</sup>	346.39 <sup>bc</sup>	20.73 <sup>b</sup>	37.51 <sup>ab</sup>	251.55 <sup>b</sup>	12.81 <sup>bc</sup>
SW <sub>2</sub>	3 734.26 <sup>ab</sup>	7 515.42 <sup>b</sup>	372.12 <sup>b</sup>	20.97 <sup>b</sup>	37.55 <sup>ab</sup>	245.76 <sup>b</sup>	15.19 <sup>a</sup>
SW <sub>3</sub>	3 770.76 <sup>a</sup>	8 454.72 <sup>ab</sup>	364.55 <sup>b</sup>	22.85 <sup>a</sup>	38.74 <sup>a</sup>	228.32 <sup>c</sup>	16.08 <sup>a</sup>
FT	3 795.93 <sup>a</sup>	9 025.25 <sup>a</sup>	423.26 <sup>a</sup>	22.87 <sup>a</sup>	36.50 <sup>b</sup>	292.20 <sup>a</sup>	12.99 <sup>b</sup>
RT	3 199.53 <sup>b</sup>	6 427.80 <sup>c</sup>	431.30 <sup>a</sup>	20.13 <sup>b</sup>	33.78 <sup>c</sup>	301.65 <sup>a</sup>	10.61 <sup>c</sup>

## 3 讨论与结论

### 3.1 不同覆盖方式的土壤温度效应

覆盖方式对土壤温度的影响各异,这主要是覆盖对太阳能吸收的能力不一造成的。研究表明覆膜能够增加土壤温度,全生育期平均温度覆膜高于秸秆覆盖。特别是增加小麦生育前期的地温,覆膜起垄土壤温度高于平作高于不覆膜,起垄增加了土表面积、改变了太阳入射角度提高了土壤温度<sup>[7]</sup>。且地膜覆盖在低温期增温效果最为明显,0—20 cm 土层土壤平均温度比无覆盖时高 3~5 ℃<sup>[8]</sup>。覆膜增温使小麦出苗提前,各生育期均有所提前,并且单株干重明显增加,为旺盛的营养生长为小麦高产奠定了基础<sup>[9]</sup>,这与本研究结论相类似及覆膜促进了小麦的出苗与各生育期的提前,前期覆膜较秸秆覆盖土壤温度具有明显的增温作用,随着生育期的推进增温效果减弱,秸秆覆盖则延缓了出苗时间,并随着秸秆覆盖量的增大出苗时间推迟,秸秆覆盖与全膜覆土穴播与 CK 相比均能延迟小麦的成熟期,而覆膜提前了小麦的各生育期的提前,在小麦生育后期覆膜与 CK 相比仍具有增温效果,而低量秸秆具有降温作用。王荣堂等<sup>[10]</sup>研究发现膜覆盖在作物旺盛生长期具有降温效应,这与他的结论有出入,这可能是由不同的地理环境有关。秸秆覆盖可以有效地抑制土壤蒸发,提高土壤蓄水保墒能力,能够有效的调控旱地土壤水热状况,调控效果与秸秆覆盖量具有很大关系。王兆伟等<sup>[11]</sup>研究秸秆覆盖对土壤温度的调节效应主要表现在作物生长前期,秸秆覆盖在作物生长前期对土壤表层的水分蒸发和温度调控效果明显,秸秆覆盖量越大效果越明显,秸秆覆盖量越高对土壤蒸发的抑制效果越好。但覆盖量过大会引起低温效应影响作物生长生育甚至造成减产<sup>[12]</sup>,在山西旱作区的最佳覆盖玉米秸秆量为 4 500 kg/hm<sup>2</sup>。本研究表明,地膜覆盖能有效增加全生育期的土壤有效积温,垄作覆膜与全膜覆土穴播、传统平作相比全膜垄作覆膜方式保温效果最为明显,特别是小麦生育前期垄作全覆膜,覆秸秆在小麦

全生育期具有降温作用,效应受外界温度和从小麦生长的影响,与传统耕作相比小麦不同生育期覆秸秆下的土壤地温同时具有降温与增温的双重作用,播前至拔节期具有降温的作用,抽穗至成熟期具有升温作用,随着覆盖秸秆量的增大作用越明显。

### 3.2 不同覆盖方式的土壤水分效应

旱地土壤水分高低取决于降水蓄保、耗水和土壤水分迁移几个方面。地膜透水性差,保墒抑蒸效果好于秸秆覆盖,但秸秆覆盖对降水的入渗率高于覆膜,无论地膜覆盖还是秸秆覆盖,在某些生育时期和土层,都会出现较增墒和降墒的双重效应,这与多数研究结果<sup>[13]</sup>相似,也有研究表明秸秆覆盖在不同生育期均能提高土壤水分,这可能与气候及降雨量不同有关。柴守玺等<sup>[14]</sup>研究发现覆膜处理均能明显改善小麦孕穗前 0—200 cm 土壤水分条件;孕穗期之后覆膜 0—200 cm 土壤贮水量迅速降低,并显著低于 CK,这与本研究结论相似。本研究覆膜垄作含水量低于覆土穴播,这可能是由于覆土穴播与垄作覆膜相比,垄作覆膜更加能够有利于温度的提高,在作物生殖生长阶段随气温的增高小麦生长加速,植株蒸腾、棵间蒸发加强,其土壤温度越高蒸发越大土壤含水量越低,过量的耗水使小麦出现“青干”现象,造成减产。覆膜作物耗水较多,入渗较低在作物前期墒情较好随着生育期的推进作物耗水量增加土壤水分含量下降,秸秆覆盖保墒较传统耕作高且耗水也大,在降雨量少的地区“双重效益”未出现。周凌云等<sup>[15]</sup>研究发现秸秆覆盖使小麦棵间蒸发量为减少,麦田土壤水分消耗较慢,含水量高于传统对照。覆盖对生育前期土壤含水量影响较大,且影响范围在 40 cm 土层以内。到小麦生长后期,耗水以叶面蒸腾为主,植株蒸腾量大,使麦田土壤水分消耗加快,但小麦生长期的总耗水量并未增加,覆盖只是改变了棵间土壤蒸发与叶面蒸腾之间的耗水比例。覆盖量过少,保墒效果差,覆盖量过大,会造成小麦根部呼吸减弱,有害气体增加,适宜的覆盖量为 4 500 kg/hm<sup>2</sup><sup>[16]</sup>。

### 3.3 不同覆盖方式对小麦增产的效益

通过提高作物的水分利用效率和产量是旱作农

业研究的主要课题,旱作农业生产中,利用地膜覆盖被认为是提高土壤水分、促进作物生长和提高作物产量的有效农业措施,也有研究认为秸秆覆盖能储存更多土壤水、减少土壤蒸发、改善作物生长,进而提高产量。高婷等<sup>[17]</sup>研究半干旱区不同覆盖物对小麦的影响时发现地膜覆盖较秸秆覆盖有利幼苗发育,表现分蘖率和收获穗多提高产量。本研究 FT, SW<sub>3</sub> 处理对小麦的产量促进作用更大 (FT, SW<sub>3</sub> > SW<sub>2</sub> > RT > SW<sub>1</sub> > CK), FT 处理具有良好的保墒增温效果,加快了小麦幼穗分化时间,分蘖成穗率提高,增加了小麦的成穗数,从而提高了产量<sup>[18]</sup>, SW<sub>3</sub> 处理改善了小麦生育中后期土壤水温条件,延缓小麦生殖时间,增加了小麦的千粒重,进而增加了产量。而本研究与王丽芳<sup>[19]</sup>研究结果不一致,其研究表明覆盖方式对产量影响的大小为垄膜覆盖 > 秸秆覆盖 > 平膜覆盖,小麦产量在垄膜覆盖下高于平膜覆盖 27.4%,这可能是由于不同地理环境与降雨量不一致造成的。而 FT 处理较 SW<sub>3</sub> 处理增加了小麦耗水水量,增加了白色污染,综合产量、耗水量、环境的承载力及农业可持续发展,秸秆覆盖(覆盖量为 4 500 kg/hm<sup>2</sup>)适宜在本试验区应用和推广。

#### [参 考 文 献]

- [1] 段义忠, 亢福仁. 不同覆盖材料对旱地马铃薯土壤水热状况及其水分利用效率的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 55-59, 66.
- [2] 王兆伟, 郝卫平, 龚道枝, 等. 秸秆覆盖量对农田土壤水分和温度动态的影响[J]. 中国农业气象, 2010, 31(2): 244-250.
- [3] 孟毅, 蔡焕杰, 王健, 等. 麦秆覆盖对夏玉米的生长及水分利用的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(6): 131-135.
- [4] 党廷辉, 郭栋, 戚龙海. 旱地地膜和秸秆二元覆盖栽培下小麦产量与水分效应[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 20-24.
- [5] 樊俊华, 宋晓丽, 姚建忠. 渗水地膜覆盖冬小麦的生态效应研究[J]. 天津农学院学报, 2006, 13(2): 32-35.
- [6] 李巧珍, 郝卫平, 龚道枝, 等. 不同灌溉方式对苹果园土壤水分动态、耗水量和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(2): 128-133.
- [7] 曹寒, 吴淑芳, 冯浩, 等. 不同覆膜种植对土壤水热和冬小麦产量的影响[J]. 水土保持研究, 2015, 22(6): 110-116.
- [8] 夏自强, 蒋洪庚, 李琼芳, 等. 地膜覆盖对土壤温度、水分的影响及节水效益[J]. 河海大学学报, 1997, 25(2): 39-44.
- [9] 王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等. 半干旱区旱地春小麦全膜覆盖穴播对土壤水热效应及产量的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5580-5588.
- [10] 王荣堂, 王有宁, 董秀荣. 地膜覆盖棉花、玉米、大豆生育盛期的降温效应[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1667-1672.
- [11] 王兆伟, 郝卫平, 龚道枝, 等. 秸秆覆盖量对农田土壤水分和温度动态的影响[J]. 中国农业气象, 2010, 31(2): 244-250.
- [12] 陈素英, 张喜英, 裴冬, 等. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 171-173.
- [13] 王昕, 贾志宽, 韩清芳, 等. 半干旱区秸秆覆盖量对土壤水分保蓄及作物水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 196-202.
- [14] 柴守玺, 杨长刚, 张淑芳, 等. 不同覆膜方式对旱地冬小麦土壤水分和产量的影响[J]. 作物学报, 2015, 41(5): 787-796.
- [15] 周凌云, 徐梦雄. 秸秆覆盖对麦田耗水量与水分利用率影响的研究[J]. 土壤通报, 1997, 28(5): 205, 206.
- [16] 范颖丹, 柴守玺, 程宏波, 等. 覆盖方式对旱地冬小麦土壤水分的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3137-3144.
- [17] 高婷, 赵天成, 马仁彪. 低温半干旱区不同覆盖物对地温和水分时空分布的影响[J]. 土壤通报, 2007, 28(2): 229-232.
- [18] 刘党校, 张睿, 刘新伦, 等. 覆膜对冬小麦穗分化进程的影响[J]. 西北农业学报, 2002, 11(2): 82-85.
- [19] 王丽芳. 旱作小麦产量形成及其对不同覆盖与耕作措施响应[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.