

# 玉米整秆带状覆盖量对旱地冬小麦土壤水分利用的影响

李守蕾<sup>1</sup>, 杨长刚<sup>1</sup>, 李福<sup>2</sup>, 柴守玺<sup>1</sup>, 宋亚丽<sup>1</sup>,

李博文<sup>1</sup>, 常磊<sup>1</sup>, 韩凡香<sup>1</sup>, 程宏波<sup>3</sup>, 尚艳<sup>3</sup>

(1. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室 甘肃农业大学 农学院, 兰州 730070;

2. 甘肃省农牧厅, 兰州 730000; 3. 甘肃农业大学 生命科学与技术学院, 兰州 730070)

**摘要:**为明确西北黄土高原半干旱雨养条件下,玉米整秆带状覆盖适宜的秸秆覆盖量,以露地种植为对照(CK),研究了 4 种覆盖量( $T_1$ :6 750 kg/hm<sup>2</sup>,  $T_2$ :9 000 kg/hm<sup>2</sup>,  $T_3$ :11 250 kg/hm<sup>2</sup>,  $T_4$ :13 500 kg/hm<sup>2</sup>)对旱地冬小麦土壤水分和产量的影响。结果表明:4 种覆盖量较 CK 显著增产 12.1%~23.3%,提高水分利用效率 13.4%~26.8%。产量与单位面积穗数呈显著正相关( $r=0.937$ ),整秆带状覆盖较 CK 可显著(除  $T_3$ )提高单位面积穗数 10.4%~19.0%,以  $T_2$  单位面积穗数最高。全生育期 0—200 cm 土层平均含水量 4 种覆盖量均显著高于 CK,较 CK 高 0.7~1.0 个百分点,以  $T_1$  土壤水分状况最好。4 种覆盖量可显著改善灌浆前 0—200 cm 土壤墒情,但从灌浆期开始 0—90 cm 土壤含水量普遍不如 CK。4 种覆盖量间,以  $T_2$  全生育期 0—60 cm 土壤墒情最好,且其增产和提高水分利用效率效果也最显著。

**关键词:**整秆带状覆盖;覆盖量;土壤水分;旱地;冬小麦

中图分类号:S512.1<sup>+</sup>1;S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)06-0122-06

## Effects of Whole Maize Straw Mulching Amounts on Soil Water Use of Winter Wheat in Dry Land

LI Shoulei<sup>1</sup>, YANG Changgang<sup>1</sup>, LI Fu<sup>2</sup>, CHAI Shouxi<sup>1</sup>, SONG Yali<sup>1</sup>,

LI Bowen<sup>1</sup>, CHANG Lei<sup>1</sup>, HAN Fanxiang<sup>1</sup>, CHENG Hongbo<sup>3</sup>, SHANG Yan<sup>3</sup>

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University/Gansu Provincial Key Lab of Arid Land Crop,

Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Provincial Department of Agriculture and Animal Husbandry, Lanzhou

730000, China; 3. College of Life Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** In order to determine the appropriate mulching straw amounts of whole maize straw mulching in a semiarid rainfed area of the Loess Plateau, Northwest China, we studied the effects of four different mulching modes ( $T_1$ :6 750 kg/hm<sup>2</sup>,  $T_2$ :9 000 kg/hm<sup>2</sup>,  $T_3$ :11 250 kg/hm<sup>2</sup>,  $T_4$ :13 500 kg/hm<sup>2</sup>) on the soil moisture and winter wheat yield in dryland with the comparison of no mulching (CK). The results show that, compared with CK, the wheat yield was increased by 12.1%~23.3% and the water use efficiency was increased by 13.4%~26.8%. The production and number of spike were significantly positive correlated ( $r=0.937$ ), compared with CK, the mulching whole maize straw can significantly improve the number of spike (in addition to  $T_3$ ), and the number of spike of  $T_2$  was highest. In the four mulching modes, the average soil water storage in 0—200 cm layer was significantly higher than that of CK in the whole stages with an increase of 0.7%~1.0%, and the soil moisture condition of  $T_1$  was the best. The soil moisture in 0—200 cm layer was obviously improved before filling stage, but the soil moisture in 0—90 cm layer was generally lower from start of filling stage. Among the four mulching modes, the soil moisture of  $T_2$  in 0—60 cm layer was the highest in the whole growth period, and the improvement of the production and water use efficiency of  $T_2$  was also the most significant.

**Keywords:** whole maize straw mulching; straw mulching amounts; soil moisture; dry land; winter wheat

收稿日期:2015-12-15

修回日期:2016-01-22

资助项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303104);现代农业产业技术体系建设专项资助项目(CARS-3-2-49);盛彤笙科技创新基金(GSAU-STS-1512);甘肃省自然科学基金(145RJZA228)

第一作者:李守蕾(1990—),男,甘肃平川人,硕士研究生,主要从事作物栽培与生态生理研究。E-mail:525357367@qq.com

通信作者:柴守玺(1962—),男,甘肃会宁人,教授,博士生导师,主要从事小麦栽培育种和生态生理研究。E-mail:sxchai@126.com

覆盖栽培是北方旱作区提高自然降水生产效率的重要栽培措施,包括地膜覆盖和秸秆覆盖。地膜覆盖和秸秆覆盖均能抑蒸保墒,提高作物水分利用效率和产量<sup>[1-2]</sup>,但两者相比,秸秆覆盖具有生态效益,可以减少水土流失,且不污染土壤环境,在旱作农业生产中被逐步运用<sup>[3-5]</sup>。已有研究表明,秸秆覆盖具有改善土壤水分、调节地温、培肥地力、改良土壤结构等综合作用<sup>[6-10]</sup>。在西北热量不足的旱作区,常规秸秆覆盖具有明显的降温效应,造成土壤温度降低、影响出苗、生长发育延缓,最终导致作物增产不显著甚至减产。因而,我们研发提出了秸秆带状覆盖技术<sup>[11]</sup>,实践证明具有明显的保墒增产效果,解决了传统秸秆覆盖保墒与降温效应的矛盾,但对其适宜的覆盖量尚未进行研究。

有关传统秸秆覆盖适宜覆盖量的研究较多,结果表明,在宁夏半干旱区玉米田<sup>[12]</sup>,玉米整秆处理的土壤贮水量较不覆盖增加 28.4 mm;有研究认为<sup>[13]</sup>,不同玉米秸秆覆盖量对冬小麦土壤的抑蒸效果,以覆盖量为 6 000 kg/hm<sup>2</sup> 最好;另有研究认为<sup>[14]</sup>,免耕麦秸秆覆盖较传统耕作能够有效提高表层土壤含水量。在陕西旱作地区的研究表明<sup>[15]</sup>,以玉米秸秆覆盖量为 6 000 kg/hm<sup>2</sup> 时冬小麦的增产效果最明显;在华北地区的研究表明<sup>[16]</sup>,玉米秸秆覆盖量过大对冬小麦生长发育易造成负效应,从而导致减产。由此可见,在不同区域因气候、土壤类型、耕作管理等条件的不同,不同秸秆覆盖量的覆盖效果差异较大<sup>[17]</sup>。因而,探究旱作地区相似生态区域不同秸秆覆盖量对土壤水分的影响机制,进而明确其对作物产量的影响,对旱作地区秸秆覆盖栽培技术的完善具有重要意义。

西北黄土高原半干旱早雨养农业区属内陆性气候,寒旱并驻,生态条件特殊,秸秆覆盖栽培对旱地冬小麦土壤水分及产量的影响与其他旱作区有一定的差异,加上本研究所采用的玉米整秆带状覆盖技术也有别于传统的秸秆覆盖技术。因此,本研究在玉米整秆带状覆盖免耕种植方式下,探究不同覆盖量对冬小麦土壤水分利用及产量的影响,以期为玉米整秆带状覆盖免耕种植冬小麦及早作区新型秸秆覆盖栽培措施的探索提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于 2014 年 10 月—2015 年 7 月在甘肃省通渭县常河镇甘肃农业大学试验基地进行,该地为黄土高原雨养农业典型代表区,土壤为典型黄绵土。试验基地属半湿润半干旱性季风气候,海拔 1 590 m,年

日照时数 2 100~2 430 h,年均温 7.4℃,无霜期 120~170 d,年蒸发量>1 350 mm,年均降水量 390.7 mm,其中约 68.0%在 6—9 月集中降落。试验点多多年冬小麦生育期降水量为 219.6 mm,约占全年降水量的 56.2%;试验年度小麦生育期总降雨量 343.5 mm,比常年同期降雨量高 56.4%。其中≥5 mm 的有效降水 282.5 mm,占全年降雨量的 82.2%,主要集中在 3—7 月份。

### 1.2 试验设计

试验共设 5 个处理,其中玉米整秆带状覆盖不同覆盖秸秆量处理 4 个(T<sub>1</sub>:6 750 kg/hm<sup>2</sup>,T<sub>2</sub>:9 000 kg/hm<sup>2</sup>,T<sub>3</sub>:11 250 kg/hm<sup>2</sup>,T<sub>4</sub>:13 500 kg/hm<sup>2</sup>),以无覆盖露地穴播为对照(CK)。小区面积 46 m<sup>2</sup>(11.5 m×4 m),3 次重复,随机区组排列。

玉米整秆带状覆盖(T<sub>1</sub>—T<sub>4</sub>):分秸秆覆盖带和种植带,两带共 60 cm、相间排列。秸秆覆盖带采用玉米整秆覆盖,覆盖量分别为 6 750,9 000,11 250,13 500 kg/hm<sup>2</sup>,分别约等于 0.75,1.0,1.25,1.5 hm<sup>2</sup> 旱地玉米秸秆量。覆盖时秸秆覆盖带与播种带的两个边行各留 2~5 cm 左右间距,以防止秸秆压苗。每播种带平作穴播 3 行小麦,总宽度约 27 cm,相应预留覆盖带宽度约 33 cm,小区共播种 21 行,穴距 12 cm。

露地种植(CK):不覆盖,小区平作穴播 21 行小麦,行距 20 cm,穴距 12 cm。各小区播种和施肥量相同,冬小麦供试品种为兰天 26 号,播种量均为 225 kg/hm<sup>2</sup>,施肥量均为纯氮 150 kg/hm<sup>2</sup>,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>。因本试验为二茬免耕,各处理播前 7 d 采用穴播的方式将肥料施入;播种时同样采用免耕穴播的方式种植小麦。各处理所施氮肥为尿素,磷肥为磷酸二铵。冬小麦生育期在灌浆前期将叶面肥、杀虫剂和杀菌剂等混合喷施用于防止后期病虫害、干热风和冬小麦植株早衰。

### 1.3 土壤水分测定及相关指标计算

在小麦冬前、返青、拔节、抽穗、开花、灌浆和成熟期,按 0—20,20—40,40—60,60—90,90—120,120—150,150—180,180—200 cm 共 8 个土层,从小麦种植行间取样,用烘干法测定土壤含水量。0—200 cm 土壤含水量为 8 个土层含水量的加权平均值。土壤含水量=(土壤鲜质量-土壤干质量)/土壤干质量×100%。

$$W = 10(h \times \rho \times \omega)$$

式中:W 为土壤贮水量(mm);h 为土层深度(cm);ρ 为土壤容重(g/cm<sup>3</sup>);ω 为土壤含水量(%)。

$$ET = (W_1 - W_2) + P$$

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;W<sub>1</sub>,W<sub>2</sub> 分别为播前和收获

时的土壤贮水量(mm)。

$$WUE=Y/ET$$

式中:WUE为水分利用效率[ $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ ];Y为小麦籽粒产量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )。

#### 1.4 小麦产量及农艺指标测定

小麦成熟前1周,从每小区选3点测定单位面积穗数;成熟后按小区收获,脱粒后晒干称重,计算产量,籽粒含水量约为12.5%。从各小区随机取20株室内考种,按国标方法测定。

#### 1.5 数据处理

采用Microsoft Excel 2003和SPSS 16.0软件处理和分析数据,用LSD法进行多重比较,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量和主要农艺指标差异

从表2可见,玉米整秆带状覆盖较无覆盖(CK)可显著提高冬小麦籽粒产量,4种覆盖量较CK显著增产12.1%~23.3%,以 $T_2$ 增产幅度最高,显著高于其他3种覆盖量。

玉米整秆带状覆盖增产的原因主要是显著提高单

位面积穗数,而穗粒数和千粒重均与CK无显著差异。单位面积穗数以产量最高的 $T_2$ 最高、较CK显著高19.0%,其余3种覆盖量较CK高7.0%~11.0%,但 $T_3$ 与CK无显著差异。单位面积穗数、穗粒数和千粒重处理间的变异系数依次为:6.2%,1.6%和0.7%,表明处理间产量差异主要由穗数差异引起,而穗粒数和千粒重处理间差异较小。相关分析表明,产量与单位面积穗数呈显著正相关( $r=0.937$ ),而与穗粒数( $r=0.025$ )及千粒重( $r=-0.398$ )相关不显著。

株高是反映营养生长状况最直观的指标(表2),4种覆盖量显著提高株高7.4~10.9 cm,表明玉米整秆带状覆盖能显著影响营养生长状况。收获指数能衡量营养生长转化为生殖生长的效率。比较收获指数,发现4种覆盖量均与CK无显著差异。可见,玉米整秆带状覆盖虽显著影响营养生长,但营养生长转化为生殖生长的效率并未改变。

比较与CK耗水量的差异,4种覆盖量全生育期耗水量均与CK无显著差异;但4种覆盖量水分利用效率较CK显著提高13.4%~26.8%。相关分析表明,产量与水分利用效率呈极显著正相关( $r=0.977$ ),而与耗水量( $r=-0.276$ )相关不显著。

表1 产量及主要农艺指标

处理	产量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	穗数	穗粒数	千粒重/ g	株高/ cm	收获 指数/%	耗水量/ mm	水分利用效率/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ )
$T_1$	5458.4b	478.6ab	27.7a	48.6a	88.5a	45.0a	419.8a	13.1b
$T_2$	6000.0a	516.1a	28.4a	48.2a	90.6a	45.5a	421.9a	14.2a
$T_3$	5646.6b	466.9bc	28.9a	49.2a	89.9a	45.6a	425.9a	13.3ab
$T_4$	5557.3b	481.5ab	28.0a	48.7a	92.0a	45.9a	439.4a	12.7b
CK	4867.9c	433.7c	28.5a	48.8a	81.1b	45.4a	435.3a	11.2c
mean	5506.0	475.4	28.3	48.7	88.4	45.5	428.5	12.9
CV/%	7.5	6.2	1.6	0.7	4.8	0.7	2.0	8.5
ASF	5665.6	485.8	28.3	48.7	90.3	45.5	426.8	13.3

注:不同字母表示处理间差异显著( $p<0.05$ );mean:所有处理平均值;CV:所有处理间变异系数;ASF:覆盖量处理均值。同列不同小写字母表示差异显著( $p<0.05$ ),下同。

### 2.2 全生育期0—200 cm土壤平均含水量差异

比较全生育期0—200 cm土壤平均含水量(图1),4种覆盖量均显著高于CK( $p<0.05$ ),较CK高0.7~1.0个百分点,以 $T_1$ 土壤水分状况最好, $T_2$ 次之,各处理土壤平均含水量依次为: $T_1(14.02 \pm 0.19\%) > T_2(13.96 \pm 0.10\%) > T_3(13.79 \pm 0.16\%) > T_4(13.77 \pm 0.11\%) > CK(13.04 \pm 0.40\%)$ 。4种覆盖量全生育期0—200 cm土壤平均墒情好于CK,这可能与播前玉米整秆带状覆盖能保蓄更多降水有关,播种期4种覆盖量0—200 cm贮水量均高于CK,依次为: $T_1(429.9 \text{ mm}) > T_2(425.8 \text{ mm}) > T_4(417.2 \text{ mm}) > T_3$

(410.1 mm)  $>$  CK(403.6 mm),4种覆盖量平均较CK高18.9 mm。

### 2.3 各生育期0—200 cm土壤水分差异

比较各生育期0—200 cm土壤含水量变化(图2),随着生育进程的推进和作物的生长,各处理抽穗前土壤含水量总体下降,处理间差异明显;抽穗期后土壤含水量总体变化不大,处理间差异减小。具体来看,处理间差异以返青期和抽穗期最大、开花期最小;在返青期和抽穗期,处理间变异系数分别为4.5%和5.2%,极差分别为1.7( $T_3$ 与CK),1.6个百分点( $T_1$ 与CK);在其他时期,处理间变异系数为2.4%

~4.2%,极差为0.8~1.5个百分点。覆盖对各时期土壤水分差异产生显著影响,不同时期处理间土壤水分的差异大小,与各处理随气温变化、土壤蒸发和植株蒸腾耗水量不同密切相关。

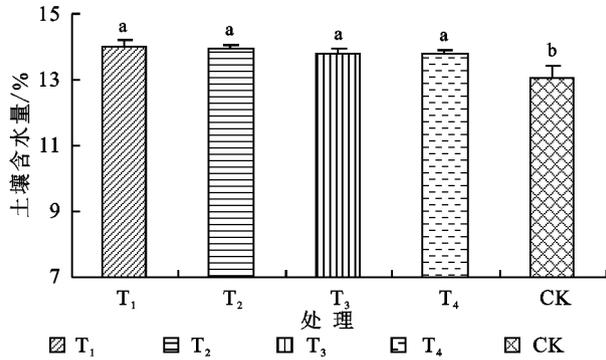


图1 全生育期0—200 cm土壤平均含水量比较

4种覆盖量较CK均在灌浆期前具有显著的增墒效应,从灌浆期开始土壤墒情则与CK无显著差异。分阶段来看,在苗期至开花期,4种覆盖量0—200 cm土壤含水量平均较CK显著高1.1个百分点,4种覆盖量中以T<sub>1</sub>和T<sub>2</sub>增墒效果最显著,各生育时期中以拔节期和抽穗期增墒效果普遍最显著。开花后,玉米整秆带状覆盖增墒效应开始减弱;在灌浆期,T<sub>1</sub>和T<sub>2</sub>土壤墒情仍略高于CK,T<sub>3</sub>和T<sub>4</sub>处理则明显不如CK;完熟期由于降水的补充,土壤含水量回升,4种覆盖量土壤墒情又好于CK。

4种覆盖量间比较,以灌浆期差异最大、抽穗期最小。在灌浆期,处理间变异系数为4.0%,极差为1.1个百分点(T<sub>1</sub>与T<sub>4</sub>);在其他时期,处理间变异系数为0.4%~2.3%,极差为0.3~0.8个百分点。

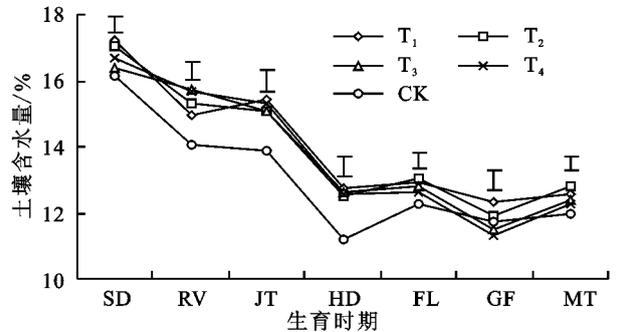
比较0—200 cm土壤含水量生育时期间的变异系数,各处理依次为T<sub>4</sub>(15.0%)>T<sub>3</sub>(13.8%)>T<sub>2</sub>(13.4%)>T<sub>1</sub>(13.3%)>CK(12.6%),表明玉米整秆带状覆盖可加剧冬小麦生育期间土壤水分的波动,覆盖量以T<sub>4</sub>的土壤含水量波动最大,T<sub>1</sub>最小;处理间以CK的供水能力最为稳定。

## 2.4 各土层全生育期平均土壤水分差异

比较各土层全生育期平均土壤含水量变化(图3),随着土层加深,土壤含水量呈先降后升的趋势,拐点为90 cm土层处。

比较各土层全生育期平均含水量差异,处理间90 cm以上土层整体大于90 cm以下土层,最大差异出现在40—60 cm和120—150 cm土层,而最小差异处理出现在150—180 cm。在40—60 cm土层,处理间变异系数为6.8%,极差为1.8个百分点(T<sub>2</sub>与T<sub>4</sub>);120—150 cm土层,处理间变异系数为7.6%,

极差为2.9个百分点(T<sub>1</sub>与CK)。其他6个土层,处理间变异系数为2.6%~5.0%,极差为0.8~1.4个百分点。



注:误差线代表LSD<sub>0.05</sub>,下同。SD:苗期;RV:返青期;JT:拔节期;HD:抽穗期;FL:开花期;GF:灌浆期;MT:成熟期。

图2 不同生育时期0—200 cm土壤含水量变化

比较4种覆盖量平均值与CK的差异,各土层4种覆盖量平均都高于CK,具有普遍增墒效应,增墒幅度为0.4~1.7个百分点。其中以120—150 cm,180—200 cm和0—20 cm土层增墒幅度较大,分别较CK高1.7,1.2,1.0个百分点;以60—120 cm增墒幅度最小,仅较CK高0.4个百分点。具体到各覆盖量处理,仅T<sub>1</sub>,T<sub>2</sub>和T<sub>4</sub>分别于60—90,90—120,40—60 cm分别较CK略低0.1,0.1,0.2个百分点。

4种覆盖量间比较,最大差异出现在40—60 cm和120—150 cm土层,而最小差异出现在180—200 cm土层。在40—60 cm土层,处理间变异系数为6.7%,极差为1.8个百分点(T<sub>2</sub>与T<sub>4</sub>);120—150 cm土层,处理间变异系数为6.3%,极差为2.1个百分点(T<sub>1</sub>与T<sub>3</sub>)。其他6个土层,4种覆盖量间变异系数为1.1%~5.4%,极差为0.4~1.4个百分点。

4种覆盖量间全生育期0—60 cm土层含水量以T<sub>2</sub>最好,T<sub>4</sub>相对较差;90—120 cm土层含水量以T<sub>4</sub>相对较好,T<sub>2</sub>相对较差;120 cm以下土层含水量则以T<sub>1</sub>较好,T<sub>3</sub>相对较差。

## 2.5 不同土层和生育时期土壤水分变化

比较处理间在各时期、各土层的时空动态差异,发现玉米整秆带状覆盖在不同土层和生育时期均存在增墒和降墒的双重效应(图4)。总体看,玉米整秆带状覆盖可显著改善灌浆前0—200 cm各土层土壤墒情;从灌浆期0—200 cm各土层含水量由上层至下层逐渐出现低于CK的情况,且90 cm以上各土层4种覆盖量土壤墒情不如CK的几率较90 cm以下土层更为普遍。

分阶段分析,苗期至抽穗期,4种覆盖量0—90 cm土层含水量普遍高于CK。其中,在苗期、返青

期、拔节期和抽穗期4种覆盖量平均分别较CK显著高1.1,1.3,1.1,1.5个百分点;在开花期除 $T_4$ 较CK低0.7个百分点外,其余3种覆盖量平均较CK高0.6个百分点。从灌浆期开始,各覆盖量处理各土层墒情出现不同程度低于CK的情况。总体看,在灌浆期, $T_1$ 和 $T_2$ 在0—90 cm土层含水量仍分别较CK略高0.3,0.6个百分点,但 $T_3$ 、 $T_4$ 均比CK低0.5个百分点;90 cm以下土层墒情4种覆盖量均出现不同程度低于CK的情况,其中 $T_2$ 和 $T_4$ 普遍不如CK。到成熟期, $T_2$ 和 $T_3$ 在0—60 cm含水量分别较CK略高0.4,0.3个百分点,而 $T_1$ 和 $T_4$ 分别较CK低0.7,0.4个百分点,60 cm以下各土层墒情4种覆盖量普遍好于CK。

从试验结果与分析,4种覆盖量显著改善灌浆前0—90 cm土壤墒情,表明整秆带状覆盖能够使小麦根系主要生长层土壤保持长期湿润,避免冬小麦遭受

旱害,利于冬小麦成苗和生长发育。从灌浆期开始,玉米整秆带状覆盖下冬小麦生长明显好于CK,对土壤水分的消耗量也较CK多,因而0—200 cm土壤耗水量逐渐低于CK。4种覆盖量间比较, $T_2$ 全生育期0—60 cm土壤墒情整体最好, $T_4$ 相对最差;90 cm以下土层含水量在抽穗至灌浆期以 $T_1$ 相对较好,其余各时期4种覆盖量间无明显规律。

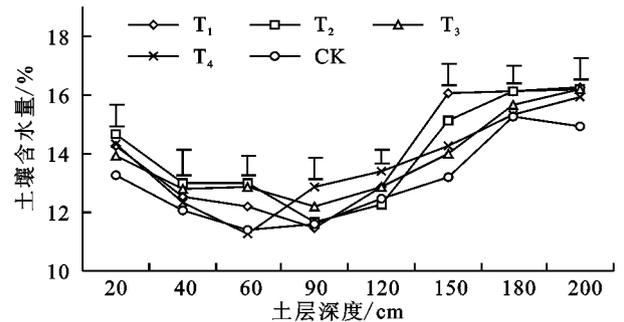


图3 不同土层全生育期平均含水量

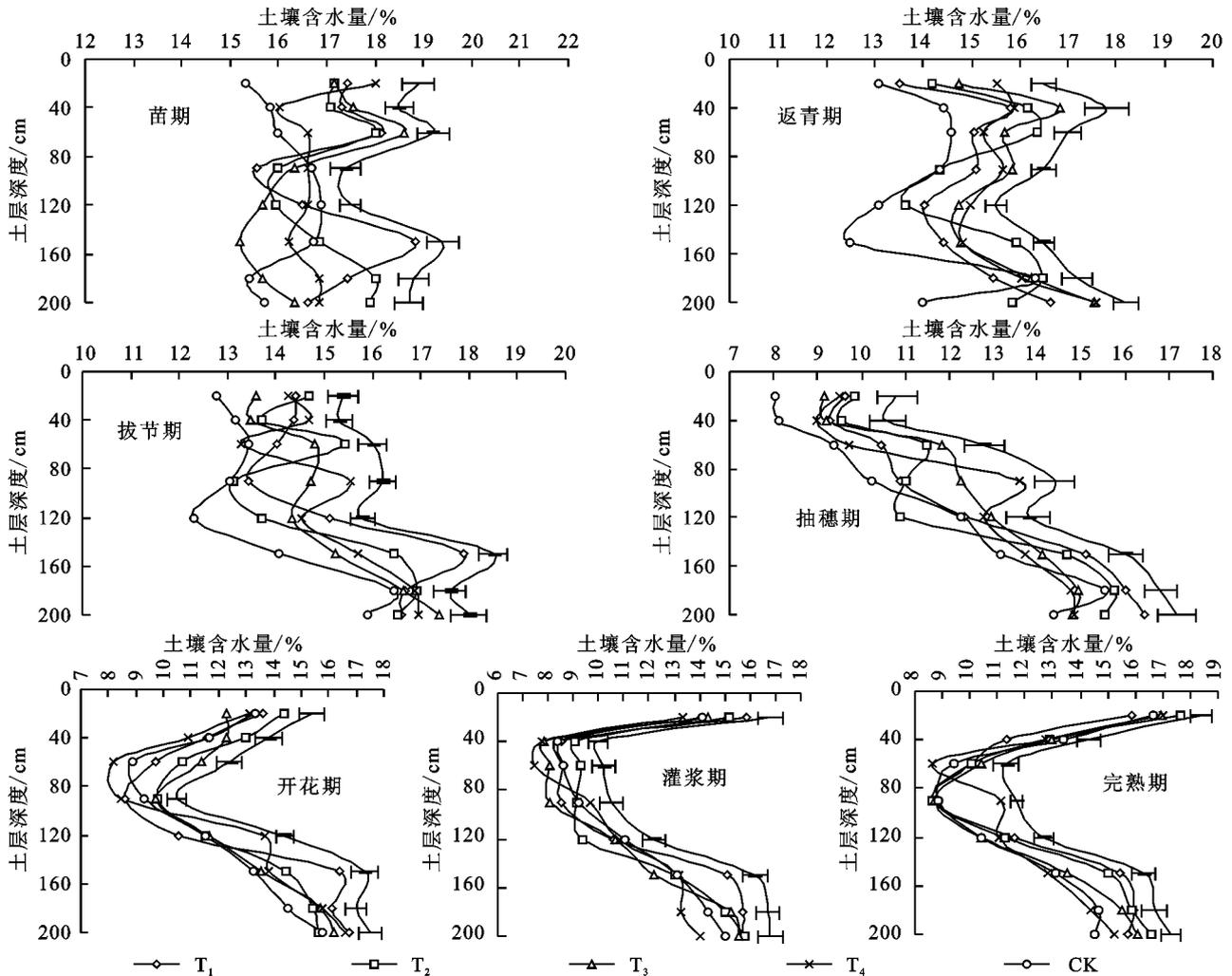


图4 不同生育时期和土层的土壤含水量

### 3 讨论与结论

陈素英等<sup>[8]</sup>认为,当玉米秸秆覆盖量为3 000

kg/hm<sup>2</sup>时,冬麦田0—200 cm土壤储水量较不覆盖明显提高4.8个百分点;蔡太义等<sup>[18]</sup>则认为,不同玉米秸秆覆盖量可明显提高春玉米田0—200 cm土壤

贮水量,以生育前期 0—60 cm 的保水效果最明显。本研究在玉米整秆带状覆盖免耕种植方式下,通过对冬小麦全生育期土壤水分变化的动态监测表明,4 种覆盖量灌浆前 0—200 cm 土壤含水量较 CK 显著提高 0.7~1.0 个百分点,这与前人研究结果基本一致<sup>[8,15]</sup>。试验结果表明,整秆带状覆盖较传统秸秆覆盖在冬小麦生长前期更有助于抑制土壤水分无效蒸发,保蓄更多降水,以供后期籽粒形成与灌浆阶段使用。从灌浆期开始 0—200 cm 土壤含水量则与 CK 无显著差异,主要原因是开花以后随气温升高小麦生长加速,4 种覆盖量处理冬小麦后期有效生理蒸腾消耗得到加强,农田耗水明显多于 CK。

在冬小麦生育期内 4 种覆盖量处理的保水效果存在一定的时空差异,本研究结果显示,整秆带状覆盖对灌浆前 0—90 cm 土层含水量影响较大,从灌浆期开始不如 CK,这与范颖丹<sup>[19]</sup>的研究结果相似。当覆盖量达 9 000 kg/hm<sup>2</sup> (T<sub>2</sub>) 时,冬小麦全生育期 0—200 cm 土壤含水量显著提高,尤其以全生育期 0—60 cm 土壤墒情最好,T<sub>4</sub> 相对较差。这主要是由于不同覆盖量对农田降雨入渗、土壤水分蒸发以及冬小麦生长发育等的影响不同而造成的,其规律有待进一步研究。此外,在冬小麦生长需水的关键时期和主要土层,以 T<sub>2</sub> 处理的保水效果最明显,也更加有助于形成冬小麦高产。因而,在本研究在玉米整秆带状覆盖免耕种植条件下,4 种覆盖量均可显著提高冬小麦产量和水分利用效率,且产量和水分利用效率呈极显著正相关( $r=0.977$ )。可见,玉米整秆带状覆盖在冬小麦生长前期能够抑制土壤水分蒸发,增加土壤水分积累,使更多水分用于作物后期蒸腾耗水,提高蒸腾/蒸发比,最终使冬小麦增产 12.1%~23.3%,水分利用效率提高 13.4%~26.8%。

此外,从田间生产考虑,本研究所采用的玉米整秆进行局部覆盖,田间取材方便、节约成本、同时覆盖时间也较灵活。总之,从理论和实际操作等方面综合考虑,玉米整秆带状覆盖技术是一种行之有效的保墒、增产和提高水分利用效率的新型栽培措施,可以作为秸秆覆盖新技术在半干旱雨养农业区推广。

#### 参考文献:

[1] 张小红,张绪成.半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响[J].水土保持研究,2012,19(5):29-33.  
[2] 刘婷,贾志宽,张睿,等.秸秆覆盖对旱地土壤水分及冬小麦水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报:

自然科学版,2010,38(7):68-76.  
[3] 廖允成,温晓霞,韩思明,等.黄土台塬旱地小麦覆盖保水技术效果研究[J].中国农业科学,2003,36(5):548-552.  
[4] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红.秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J].中国农业科学,1996,29(2):59-66.  
[5] 薛少平,朱琳,姚万生,等.麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J].农业工程学报,2002,18(6):71-73.  
[6] Vos J G M, Sumarni N. Integrate crop management of hot pepper under tropical lowland conditions: effect of mulch on crop performance and production [J]. Journal Horticultural Science, 1997,72(3):415-424.  
[7] Wang H X, Liu C M, Zhang L. Water-saving agriculture in China: An overview [J]. Advances in Agronomy, 2002,75:135-171.  
[8] 陈素英,张喜英,刘孟雨.玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律[J].中国农业气象,2002,23(4):34-37.  
[9] 蔡太义,黄会娟,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 II.不同量秸秆覆盖的农作物生理效应及研究存在问题与展望[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):108-114.  
[10] 卜玉山,苗果园,周乃健,等.地膜和秸秆覆盖土壤肥力效应分析比较[J].中国农业科学,2006,39(5):1069-1075.  
[11] 柴守玺.一种旱地秸秆带状覆盖作物种植新技术[J].甘肃农业大学学报,2014,49(5):42.  
[12] 鲁向晖,隋艳艳,王飞,等.秸秆覆盖对旱地玉米休闲田土壤水分状况影响研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(3):156-159.  
[13] 于稀水,廖允成,袁泉,等.秸秆覆盖条件下冬小麦棵间蒸发规律研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):58-61.  
[14] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J].水土保持学报,2005,19(6):94-96.  
[15] 于晓蕾,吴普特,汪有科,等.不同秸秆覆盖量对冬小麦生理及土壤温、湿状况的影响[J].灌溉排水学报,2007,26(4):41-44.  
[16] 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.  
[17] Tolck J A, Howell T A, Evett S R. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize [J]. Soil and Tillage Research, 1999,50(2):137-147.  
[18] 蔡太义,贾志宽,孟蕾,等.渭北旱塬不同秸秆覆盖量对土壤水分和春玉米产量的影响[J].农业工程学报,2011,27(3):43-48.  
[19] 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.