

# 地膜覆盖对玉米田间土壤含水率和地温变化的影响

孙仕军, 许志浩, 张旭东, 夏桂敏, 迟道才

(沈阳农业大学水利学院, 沈阳 110866)

**摘要:** 2013年5~10月在内蒙古阿荣旗进行大田玉米膜下滴灌试验,测定玉米苗期、拔节期、灌浆期及成熟期不同深度土层土壤含水率和土壤温度,研究覆膜(滴灌)和裸地对玉米田间土壤含水率及土壤地温变化的影响。结果表明,在玉米整个生育期,覆膜条件下0~60 cm层土壤含水率高于常规裸地,玉米蜡熟期两种处理田间土壤含水率变化不明显;玉米生育期内0~20 cm层土壤平均含水率均高于播前土壤含水率,生育后期21~60 cm土壤含水率均低于播前土壤含水率。降雨对土壤温度的影响较为显著,雨后土壤表层温度急剧下降,25 cm以下深层土壤温度下降相对缓慢;地膜覆盖对玉米苗期和拔节期增温效果明显,平均增温2℃左右,对玉米生长发育有积极作用,灌浆期及玉米生育后期覆膜增温作用不明显。

**关键词:** 玉米;地膜覆盖;土壤含水率;土壤温度

**中图分类号:** S513.047

**文献标识码:** A

## Effect of Film Mulching on Soil Moisture and Soil Temperature in Eastern Inner Mongolia Rain-fed Black Soil Area

SUN Shi-jun, XU Zhi-hao, ZHANG Xu-dong, XIA Gui-min, CHI Dao-cai

(College of Water Resources, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

**Abstract:** The experiment was conducted in Arong Qi county of Inner Mongolia Autonomous region from May to October 2013, and maize varieties were separately planted at the sites with plastic film mulching and without mulching. The basic experimental objective was to explore the effects of covering plastic film (with drip irrigation if necessary) on field soil moisture and temperature. The soil moisture and temperature in different soil profile depth were measured in the germination period, jointing, filling and maturity period. The results showed that, throughout the whole growing period of maize, under the two experimental processing modes (with film mulching and without mulching) soil moisture dynamic trends were basically consistent. Soil moisture under covering condition in 0-60 cm soil layer was higher than that in bare ground, which didn't change significantly in maize dough stage. The average soil moisture in surface soil layer (0-20 cm) was higher than that before sowing. Soil moisture in 21-60 cm soil layer was lower than the before sowing in the later growth stage; The impact of rainfall on soil temperature is more significant, soil surface temperature dropped rapidly after the rainfall, and the 25 cm deeper soil temperature dropped relatively slowly. Film mulching could increase soil temperature obviously in seedling and jointing, which had a positive effect on maize growth, with an average temperature increase of about 2℃, anyway the temperature increasing effect was not obvious on maize filling stage and later growth stage.

**Key words:** Maize; Plastic film mulching; Soil moisture; Soil temperature

**收稿日期:** 2014-10-26

**基金项目:** 国家公益性行业(农业)科研专项(201303125)、辽宁省教育厅高校科研项目(2009A630)、国家青年基金项目(31200392)

**作者简介:** 孙仕军(1969-),男,博士,副教授,主要从事农业节水和水资源综合利用研究。

E-mail: sunshijun2000@yeah.net

生育早期阶段的较低地温可直接影响种子的发芽、出苗和作物苗期的生长,从而影响最终的子粒产量<sup>[1~5]</sup>。农田经地膜覆盖可以有效地保墒保水,减少棵间土壤水分蒸发,提高水分利用效率;降低潜热消耗,有效地提升地温,对土壤层有明显的增温效应<sup>[6]</sup>。以新疆为例,膜下滴灌使棉花灌水量由常规灌水量525~600 mm降低到240~345 mm<sup>[7]</sup>。地膜覆盖在

玉米生育前期有着明显的增温效果,5~25 cm土层土壤日平均温度比露地栽培提高 $2.2^{\circ}\text{C}$ ~ $3.0^{\circ}\text{C}$ <sup>[8]</sup>。西北半湿润偏旱区(甘肃镇原)研究表明,平水年份全膜双垄沟玉米水分利用效率较露地提高85%,干旱年份半膜双垄沟玉米水分利用效率较露地提高33%,整个生育期垄膜沟播耕层平均地温比露地高 $2.4^{\circ}\text{C}$ <sup>[9]</sup>。本文基于内蒙古阿荣旗羊草沟地区大田试验,研究覆膜对土壤含水率和土壤温度的影响,分析玉米覆膜条件下不同生育阶段不同土层的土壤含水率变化以及地温的变化规律,为内蒙古东部地区玉米膜下滴灌推广示范提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

供试玉米品种为罕玉5号。试验于2013年5~10月在内蒙古阿荣旗羊草沟玉米膜下滴灌大田推广区(总面积 $26.7\text{ hm}^2$ )进行。该地区多年平均降水量 $458.4\text{ mm}$ ,主要集中在6~8月,年均蒸发量 $1\,455.3\text{ mm}$ 。年均气温 $1.7^{\circ}\text{C}$ ,年有效积温 $2\,394.1^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

全年日照时数 $2\,750\sim 2\,850\text{ h}$ 。该区土壤肥力中等,属于中壤土。土壤有效土层厚度在 $0.5\sim 1.5\text{ m}$ ,腐殖质层厚度 $0.1\sim 0.3\text{ m}$ ,耕层有机质含量为 $52.05\text{ g/kg}$ ,全氮含量 $2.76\text{ g/kg}$ ,速效磷 $25.41\text{ mg/kg}$ ,速效钾 $176.96\text{ mg/kg}$ 。

### 1.2 试验设计

试验区设置膜下滴灌、滴灌、常规裸地3种处理方式。试验开展过程中,由于本年度玉米生育期内降雨较为充分,根据雨养区补充灌溉设计目标,滴灌设施实际没有启动,因此,实际处理变为地膜覆盖和常规裸地两种形式。试验采用新疆木禾公司提供的国产滴灌带,地膜宽度 $90\text{ cm}$ ,厚度为 $0.005\text{ mm}$ ,所施底肥为缓释肥料。采用“一膜一管两行”的玉米种植和滴灌布置方式,即大垄双行模式,其中玉米小行间距为 $40\text{ cm}$ ,大行间距为 $80\text{ cm}$ 。按每隔 $120\text{ cm}$ 间距布设1条滴灌带,每条滴灌带控制两行玉米。种植密度为 $60\,000\text{ 株}/\text{hm}^2$ ,株距为 $23\text{ cm}$ ,各处理种植密度一致。小区面积为 $60\text{ m}^2$ ,重复3次,随机排列。玉米种植模式和灌溉布置方式如图1所示。

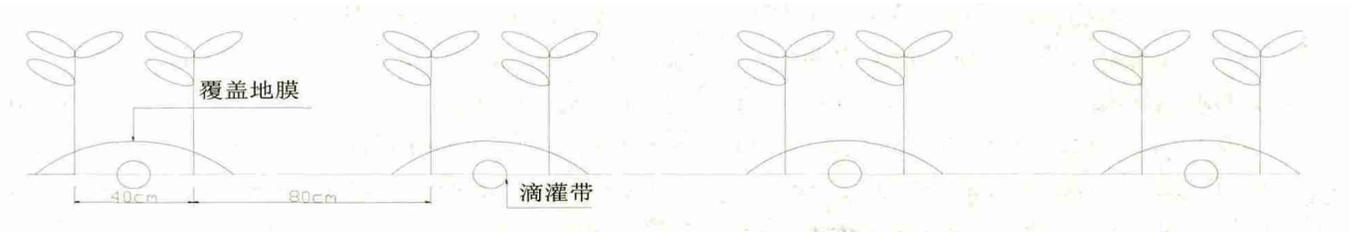


图1 试验区大田玉米膜下滴灌布置方式和种植模式

Fig.1 The maize planting pattern and membrane drip irrigation arrangement in the test area

玉米播种前进行翻耕,平整土地。5月17日进行播种,采用播种覆膜施肥一体机进行播种施肥,底肥为缓释肥料。10月3日收获,整个生育期内不再进行追肥。

2013年试验区降雨较多,仅5~9月降雨量就达

到 $654\text{ mm}$ ,能够及时补充玉米田间土壤水分,充分满足玉米生育期内各阶段生长发育的用水需求,滴灌设施没有使用。玉米全生育期内降雨分布如图2所示。

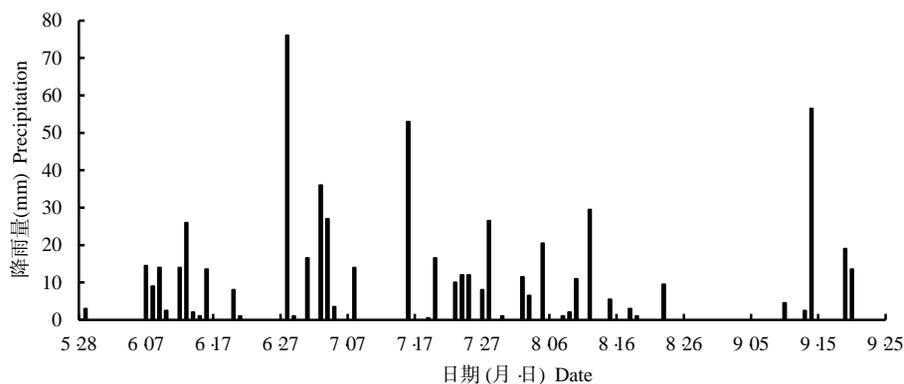


图2 玉米全生育期内降雨分布情况

Fig.2 The rainfall distribution during the maize growth period in the experimental site

### 1.3 试验方法及测量指标

#### 1.3.1 土壤含水率

采用取土烘干法测定,按全生育期内玉米生长各阶段进行测量,每个生育期测量2~3次,测土范围为0~60 cm土层,每隔10 cm取1个土样,3次重复。土壤含水率均用质量含水率表示。

质量含水率=(湿土质量-烘干土质量)/烘干土质量×100%。

#### 1.3.2 土壤温度

采用金属曲管温度计观测,分别在试验小区垄台埋入,观测地表下5、10、15、20和25 cm处的地温,观测时间为每日14:00,每小区测3个点取其平均值。此外,按照玉米生长阶段,分别读取苗期、拔节

期和灌浆期8:00~18:00时间段的地温日变化(每隔2 h读取1次地温数据)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理方式生育期各阶段土壤剖面含水率变化

覆膜区和常规裸地两种处理各生育期玉米田间土壤含水率随土层深度的变化趋势基本一致。由于降雨和地膜覆盖的影响,覆膜区0~30 cm土层土壤含水率变化较为明显,31~60 cm土层土壤含水率趋于平稳。覆膜区在整个生育期土壤平均含水率均高于常规裸地土壤含水率(图3)。

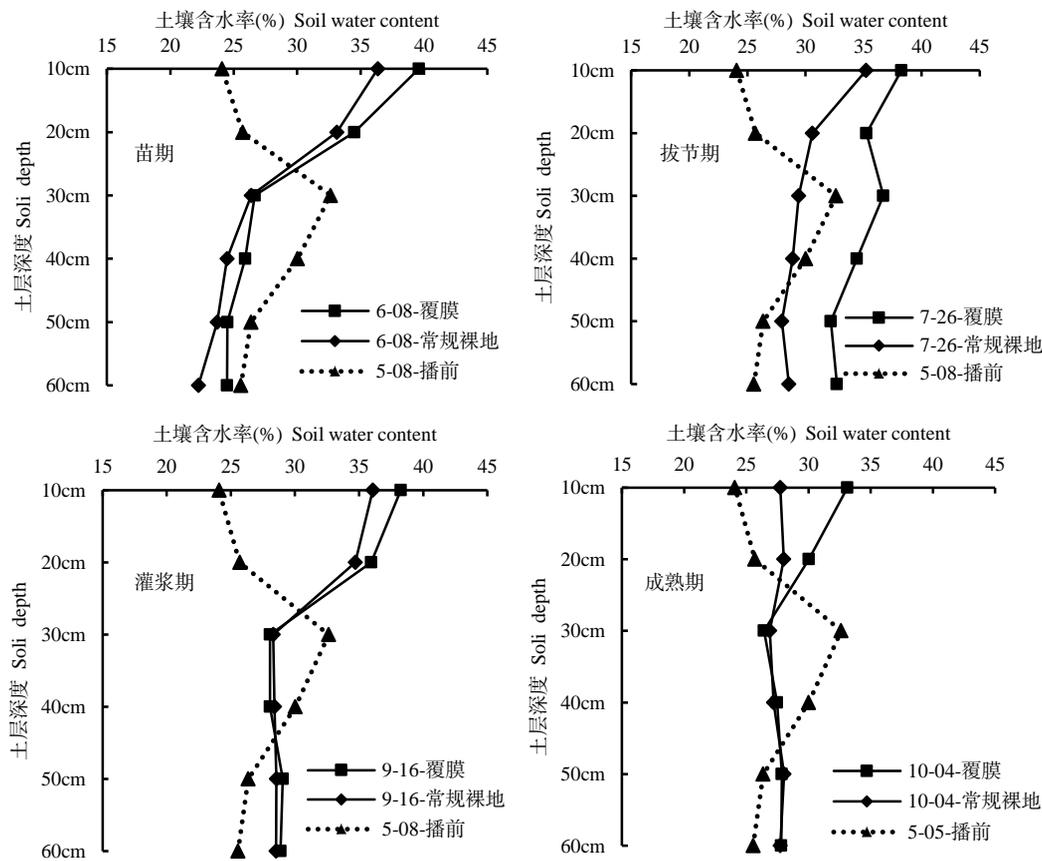


图3 不同时期两种处理方式玉米田间0~60 cm层剖面土壤含水率变化

Fig.3 Dynamic changes of water in 0-60 cm soil layer with two processing modes in the vertical direction

苗期观测数据表明,两种处理均在20 cm土层土壤含水率达到最大(降雨入渗作用),且常规裸地高于地膜覆盖区(覆膜对雨水入渗的阻碍作用),覆膜区0~30 cm土层土壤平均含水率高于常规裸地3%以上。由于雨水的补给作用,0~30 cm土壤水分得以恢复,土壤含水率略高于播前土壤含水率。拔节期是玉米生长进入生长期的标志,此时玉米需水量也大大超过玉米苗期需水量。拔节期数据显示,

覆膜区土壤含水率明显高于常规裸地,覆膜区0~30 cm土层土壤平均含水率高于常规裸地12%以上,在30 cm处土壤含水率最大而后呈下降趋势。由于降雨入渗的补给和地膜覆盖的保墒和提墒作用,覆膜区土壤含水率明显高于播前土壤含水率。6月7~8日和7月23~25日连续降雨的影响,苗期和拔节期浅层土壤含水率较高,31~60 cm处土壤含水率趋于平稳。

玉米在灌浆期耗水量较大,玉米生长消耗了土壤水分,使土壤含水率下降,各处理除0~20 cm土层土壤含水率受降雨影响高于播前,21~60 cm土壤平均含水率低于播前,覆膜区0~60 cm土壤平均含水率高于常规裸地0.6%,两者无差异。玉米生育后期以蜡熟期为例,蜡熟期玉米子粒干物质累计总

量和胚的体积基本达到最大值,耗水量也逐渐降低。10月4日玉米成熟待收获,除表层0~20 cm处土壤含水率略高以外(降雨作用),21~60 cm土壤含水率均低于播前。整个0~60 cm处土壤含水率变化不明显,土壤深层含水率变化趋势基本一致。覆膜和常规裸地土壤含水率均在26%左右。

表1 不同生育期各土层土壤含水率

Table 1 Each soil layer moisture of different growth stages

%

土层深度(cm) Soil depth	苗期 Seedling		拔节期 Jointing		灌浆期 Filling		成熟期 Maturing	
	覆膜	常规裸地	覆膜	常规裸地	覆膜	常规裸地	覆膜	常规裸地
	Mulching	Bare ground	Mulching	Bare ground	Mulching	Bare ground	Mulching	Bare ground
10	39.60 a	36.35 b	38.26 c	28.56 c	31.56 d	36.07 d	33.12 e	27.73 f
20	34.50 a	33.13 b	35.24 c	30.61 d	35.93 e	34.72 f	30.03 g	28.29 h
30	26.65 a	26.39 b	36.73 c	29.42 d	28.07 e	28.31 f	26.77 g	26.88 g
40	25.89 a	24.49 b	34.43 c	28.89 d	28.07 e	28.42 f	27.48 g	27.19 h
50	24.51 a	23.69 b	32.21 c	27.93 d	29.05 e	28.55 f	27.87 g	28.03 h
60	24.47 a	22.21 b	32.72 c	26.56 d	28.86 e	28.53 f	27.82 g	27.72 g

注:表中同一行不同字母表示在0.05水平差异显著。

Note: The different letters of the same line indicated significant at 0.05 level.

## 2.2 降雨对玉米田间地温变化的影响

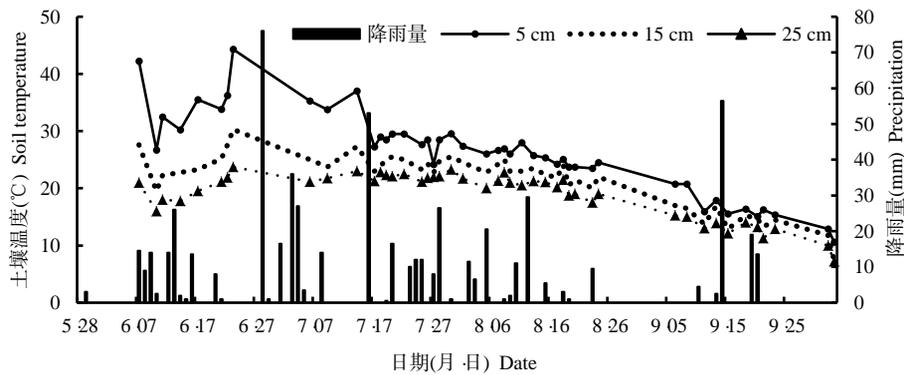


图4 覆膜条件下不同土层深度土壤温度变化

Fig.4 The temperature on different soil depth under film mulching

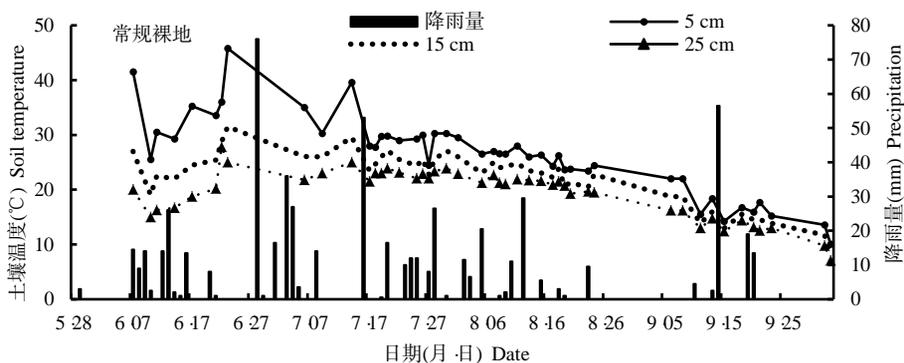


图5 常规裸地不同土层深度土壤温度变化

Fig.5 The temperature on different soil depth in bare ground

气象条件、土壤水分、地膜覆盖等因素都影响玉米生育期的地温分布<sup>[10]</sup>。各处理不同土层深度的土壤温度均在降雨后出现下降趋势。5 cm表层土壤温度受降雨的影响最大,雨后土壤温度明显下降。地表下25 cm深度土壤温度由于受降雨影响相对较小,温度下降和上升变化相对缓慢(图4、图5)。以6月11日为例,由于7~10日的连续降雨作用(其中7、8、9日降雨量为37.5 mm,10日降雨量2.5mm为无效降水),覆膜条件和常规裸地两种处理10日地温均低于11日。其中,11日覆膜条件下5、10 cm处地温较10日同处上升5℃左右,15、20、25 cm处地温则上升相对缓慢,约2℃。常规裸地5 cm处地温较10日上升约4℃左右。10、15、20、25 cm处地温较10日上升约1.5℃。经过土壤热量传输,雨水入渗对浅层土壤温度和深层土壤温度的影响不同。

## 2.3 不同生育期各处理方式地温动态变化

### 2.3.1 不同处理方式各生育期的地温日变化

从图6~图7可以看出,覆膜和常规裸地在苗期和拔节期相同土层深度土壤温度随时间的变化趋势一致。5 cm和10 cm深度土壤温度都随时间的延迟先上升后下降,日变化幅度较大。覆膜和常规裸地

两种处理5 cm处地温最高值均出现在12:00(此时太阳辐射强度高,土壤表层吸热大)。

土壤吸热后向地下进行热传递有一个过程。因此,15、20、25 cm处地温则随着时间的延迟呈现稳步上升的趋势,后期下降不明显。12:00以后地温变化趋势平缓,随着土层深度增加土壤温度也呈较为平稳的变化。在8:00~12:00之间,各层土壤温度均处于升温过程,但各处理不同土层深度出现的地温最高值时刻不同,5 cm处地温最高值出现在12:00,深层土壤的地温则呈现滞后现象。

对比两种处理,在玉米苗期和拔节期,覆膜区的地温均高于常规裸地。玉米苗期土壤表层基本全部裸露,这一时期地面始终可以接受太阳直接照射,玉米叶片对太阳辐射的阻碍作用基本可以忽略。玉米拔节期株高增高、叶片数增加,但玉米株高和密度对近地面地温影响尚不强烈。玉米苗期和拔节期,覆盖地膜对土壤的增温效果明显。但随土层深度的增加增温效果逐渐减小。随着植株增高和叶面积的增大,玉米密度增加。覆膜条件下拔节期地温变化幅度小于苗期地温变化幅度。

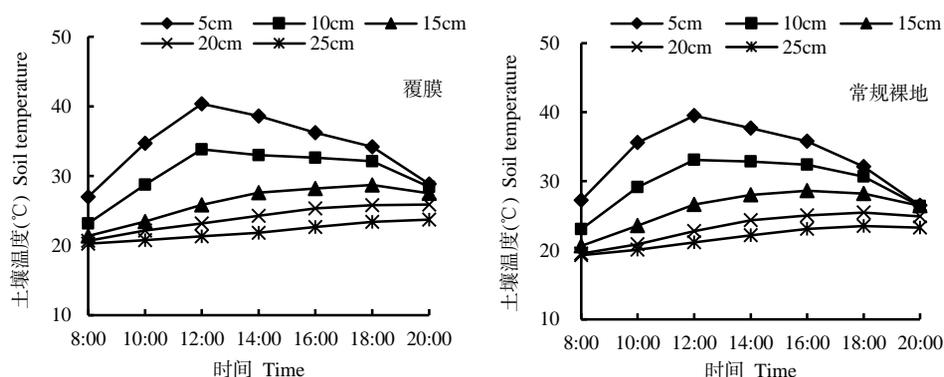


图6 玉米苗期(6月22日)不同处理的不同土层深度土壤温度日变化

Fig.6 Daily changes of soil temperature in different soil depth in maize seedling(June 22)

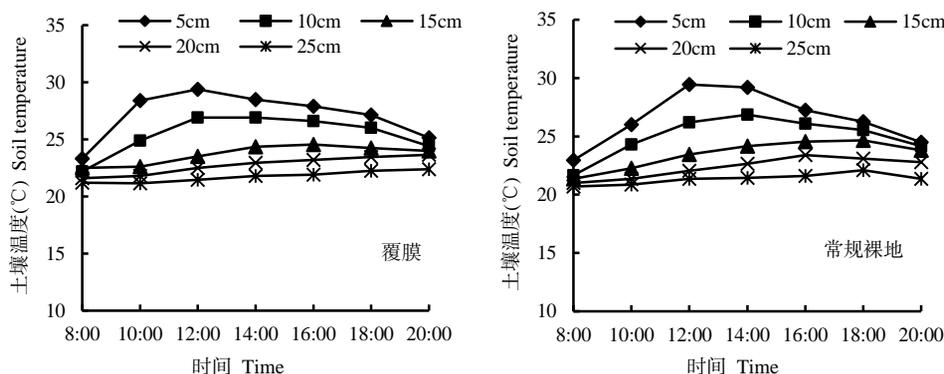


图7 玉米拔节期(7月26日)不同处理的不同土层深度土壤温度日变化

Fig.7 Daily changes of soil temperature in different soil depth in maize jointing(July 26)

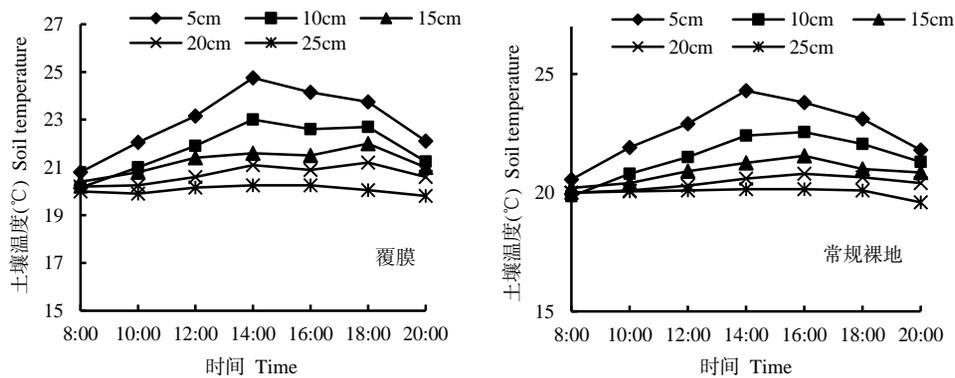


图8 玉米灌浆期(8月16日)不同处理的不同土层深度土壤温度日变化

Fig.8 Daily changes of soil temperature in different soil depth in maize filling(August 16)

从图8可以看出,玉米灌浆期各处理相同土层深度土壤温度变化趋势一致。5、10 cm处地温随时间的推迟呈先上升后下降的趋势,其中5 cm处各处理最高地温出现在14:00。覆膜条件和常规裸地两处理10c m处最高温度均出现在14:00。

15、20、25 cm处地温变化呈现稳步上升的趋势,后期下降不明显。两种处理在14:00不同土层地温变化变化幅度一致,无明显差异。此时期为玉米生长发育关键时期,植株增高、叶片数及叶面积达到最大,对太阳的辐射以及气温的影响较大。此时覆膜条件与常规裸地土壤温度差异不大,最高地温基

本一致,玉米生长后期,覆膜对地温的保温增温效果不明显。

图9~图11可以看出,覆膜条件下浅层土壤温度增温效果明显,对深层土壤温度的影响不大,玉米生育后期两种处理各土层土壤温度相近,覆膜增温作用逐渐减弱。覆膜条件下在苗期和拔节期5 cm处地温均高于常规裸地,但在灌浆期之后,由于玉米植株增高,叶片增多、叶面积增大对降雨和太阳辐射的阻碍作用,覆膜条件下地温并没有明显的高温优势,土壤温度变化不大。

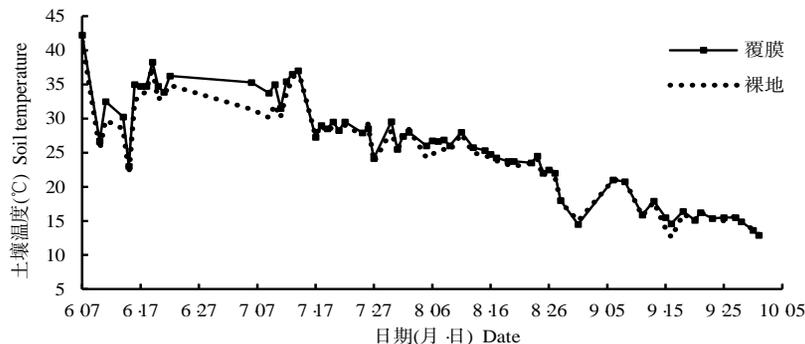


图9 地表下5 cm处玉米不同处理生育期内土壤温度变化

Fig.9 Soil temperature changes below the 5 cm depth of ground surface during the maize growing period

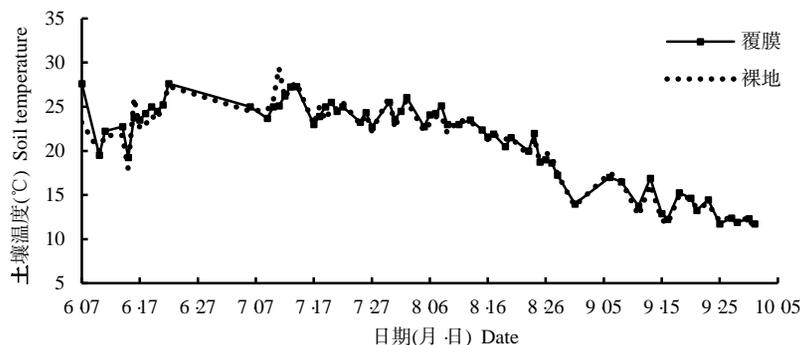


图10 地表下15 cm处玉米不同处理生育期内土壤温度变化

Fig.10 Soil temperature changes below the 15 cm depth of ground surface during the maize growing period

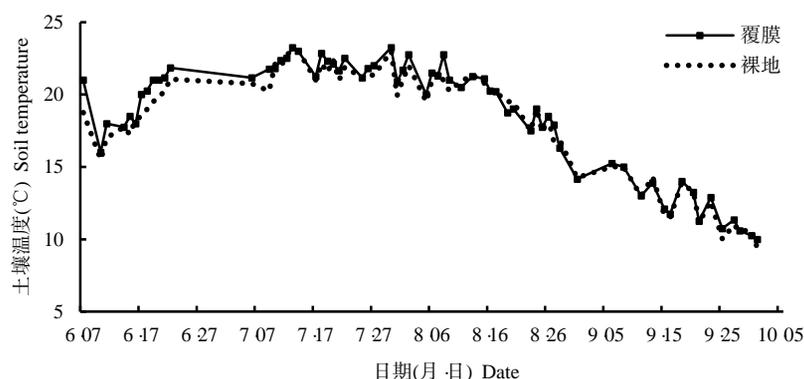


图 11 地表下 25 cm 处玉米不同处理生育期内土壤温度变化

Fig.11 Soil temperature changes below the 25 cm depth of ground surface during the maize growing period

### 2.3.2 土壤含水率与土壤温度的相关性

将各生育期的土壤温度变化与土壤含水率结合分析,无论覆膜处理还是常规裸地,土壤温度变化都与土壤含水率相关。通过试验数据分析,25 cm 土层以上,土壤温度与土壤含水率呈现正比关系,当土

壤含水率低时土壤温度高,且覆膜条件下具有高度相关性,相关系数均在 0.82 以上;常规裸地处理土壤含水率与土壤温度的相关系数低于覆膜处理,说明覆膜改善了土壤的水热条件,从而使作物生长发育速度加快。

表 2 各生育期土壤含水率与土壤温度的相关性

Table 2 The correlation between soil moisture and soil temperature in each growth period

苗期 Seedling		拔节期 Jointing		灌浆期 Filling		成熟期 Maturing	
覆膜 Mulching	常规裸地 Bare ground						
0.93	1.00	0.90	0.66	0.83	0.75	0.83	0.59

## 3 结论与讨论

覆膜条件下,由于地膜的覆盖作用减少了棵间蒸发,维持膜内空气湿度使得土壤含水率要高于常规裸地,且覆膜可以很大程度的提高土壤温度。本试验研究表明,覆膜区 0~30 cm 土层土壤含水率在苗期、拔节期、灌浆期分别高于常规裸地,成熟期覆膜和常规裸地两种处理土壤含水率均在 26%,生育期内 0~30 cm 土层土壤含水率高于播前。

覆膜对土壤温度的增温效果在玉米苗期、拔节期较为显著,土壤各个深度,覆膜地温都高于常规裸地,苗期和拔节期增温均在 2°C。玉米生育后期,覆膜对地温的提升效果不明显。各土层土壤温度的最高值出现时刻不同,深层土壤温度最高值呈现滞后现象。

覆膜和常规裸地两种处理 0~30 cm 土层土壤含水率受降雨影响波动较大,31~60 cm 土层土壤含水率变化较为平稳。降雨对浅层土壤温度的影响较为明显,雨后 5 cm 浅层土壤温度急剧下降,25 cm 深层

土壤温度下降稍显缓慢。

本试验在大田田间进行玉米地膜覆盖,天气等客观因素以及试验处理相对较少导致试验产生一定的误差。由于本年度降雨充分,生育期内未进行补充灌溉,所得结论仅为 2013 年降雨充分年间试验结果,对于干旱年间的试验还应作进一步研究。试验得出土壤含水率普遍偏高,原因是降雨量充足使得土层含水量增加,覆膜与常规裸地在深层土壤含水率差异性不显著。在降雨较为充分的年间,覆膜对于大田玉米的利弊权重有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 魏虹,李凤民.短期地膜覆盖对半干旱区春小麦生长发育和产量的影响[J].农业现代化研究,2001,22(4):253-256.  
Wei H, Li F M. Effects of short-term plastic film mulching on the growth and yield of spring wheat in the semiarid region[J]. Research of Agricultural Modernization, 2001, 22(4): 253-256. (in Chinese)
- [2] Xie Z K, Wang Y J, Li F M. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China[J]. Agriculture Water Management, 2005, 75(1): 71-83.
- [3] Sarkar S, Paramanick M, Goswami S B. Soil temperature, water use

- and yield of yellow sarson(*Brassica napus*L. var. *glauca*)in relation to tillage intensity and mulch management under rainedlowland Eco system in eastern India[J]. *Soil & Tillage Research*, 2007, 93(1): 94-101.
- [4] 员学峰, 吴普特, 汪有科. 地膜覆盖保墒灌溉的土壤水、热以及作物效应研究[J]. *灌溉排水学报*, 2006, 25(1): 25-29.
- Yuan X F, Wu P T, Wang Y K. Study on the effect of irrigation under plastic preservation of soil moisture on soil and crop[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2006, 25(1): 25-29. (in Chinese)
- [5] 张 治, 田富强, 钟瑞森, 等. 新疆膜下滴灌棉田生育期地温变化规律[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(1): 44-51.
- Zhang Z, Tian F Q, Zhong R S, et al. Spatial and temporal pattern of soil temperature in cotton field under mulched drip irrigation condition in Xinjiang[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(1): 44-51. (in Chinese)
- [6] 李 毅, 邵明安. 新疆农田作物覆膜地温极值的时空变化[J]. *应用生态学报*, 2004, 15(11): 2039-2044.
- Li Y, Shao M A. Spatial and temporal variation of soil temperature extreme under plastic mulch in Xinjiang[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(11): 2039-2044. (in Chinese)
- [7] 蔡焕杰. 大田作物膜下滴灌的理论与应用[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2003.
- [8] 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.
- Du S N, Bai G S. Soil environmental effects of maize film mulching [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2007, 25(5): 56-59. (in Chinese)
- [9] 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.
- Li S Z, Wang Y, Fan T L, et al. Effects of different plastic film mulching modes on soil moisture, temperature and yield of dry land [J]. *Scientia Agricultural Sinica*, 2010, 43(5): 922-931. (in Chinese)
- [10] 刘胜尧, 张立峰, 李志宏, 等. 华北旱地覆膜春玉米田水温效应及增产限制因子[J]. *应用生态学报*, 2014, 25(11): 3197-3206.
- Liu S R, Zhang L F, Li Z H, et al. Effects of plastic mulch on soil moisture and temperature and limiting factors to yield increase for dryland spring maize in the North China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(11): 3197-3206. (in Chinese)
- [11] 曹玉军, 魏雯雯, 徐国安, 等. 半干旱区不同地膜覆盖滴灌对土壤水、温变化及玉米生长的影响[J]. *玉米科学*, 2013, 21(1): 107-113.
- Cao Y J, Wei W W, Xu G A, et al. Effects of different films on soil water, temperature and maize growth characteristics under drip-irrigation conditions in semi-arid region[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2013, 21(1): 107-113. (in Chinese)
- [12] 张振华, 蔡焕杰, 柴红敏, 等. 膜上灌作物需水量和地膜覆盖效应研究[J]. *灌溉排水*, 2002, 21(1): 11-14.
- Zhang Z H, Cai H J, Chai H M, et al. Crop water requirement and field environment under plastic film mulch cultivation[J]. *Irrigation and Drainage*, 2002, 21(1): 11-14. (in Chinese)
- [13] 张朝勇, 蔡焕杰. 膜下滴灌棉花土壤温度的动态变化规律[J]. *干旱地区农业研究*, 2005, 23(3): 11-15.
- Zhang C Y, Cai H J. Dynamic patterns of soil temperature in the drip irrigation underneath mulching film[J]. *Agriculture Research in the Arid Areas*, 2005, 23(3): 11-15. (in Chinese)
- [14] 胡晓棠, 李明思. 膜下滴灌对棉花根际土壤环境的影响研究[J]. *中国生态农业学报*, 2003, 11(3): 121-123.
- Hu X T, Li M S. Effect of trickle irrigation under sub-film on the soil conditions of rhizosphere in cotton[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(3): 121-123. (in Chinese)

(责任编辑:高 阳)