

秸秆覆盖量对农田土壤水分和温度动态的影响^{*}

王兆伟¹, 郝卫平^{2**}, 龚道枝², 梅旭荣², 王春堂¹

(1. 山东农业大学水利土木工程学院, 泰安 271018; 2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/
农业部旱作节水农业重点开放实验室, 北京 100081)

摘要: 2009年4–11月, 在山西寿阳旱地农业试验区对覆盖量为1500、3000、4500、6000 kg/hm² 4个不同秸秆覆盖量处理和不覆盖处理的春玉米试验小区进行田间定位观测, 采用自动记录土壤剖面水分测定仪和自计温度测定仪实时观测了不同秸秆覆盖处理的玉米全生育期的土壤水分和温度动态, 结合生育期土壤蒸发的动态观测, 研究了农田秸秆覆盖量对土壤水热动态的影响。结果表明, 秸秆覆盖在作物生长前期和旱季对土壤表层的土壤蒸发和温度调控效果明显, 秸秆覆盖量越大效果越明显。按照对土壤水分和温度的综合作用, 试验区域秸秆覆盖对土壤水分和温度调控效果最佳秸秆覆盖量为4500 kg/hm²; 秸秆覆盖量越高对土壤蒸发的抑制效果越好, 但覆盖量对降雨入渗和土壤温度的影响受降雨强度、土壤湿度、土壤类型等具体条件的不同而产生不同的效果, 其规律有待进一步研究。

关键词: 秸秆覆盖量; 土壤水分动态; 土壤温度动态

Effect of Straw Mulch Amount on Dynamic Changes of Soil Moisture and Temperature in Farmland

WANG Zhao-wei¹, HAO Wei-ping², GONG Dao-zhi², MEI Xu-rong², WANG Chun-tang¹

(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Shandong Agriculture University, Taian 271018, China; 2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture/Key Laboratory of Dryland Agriculture, MOA, Beijing 100081)

Abstract: The effects of straw mulch amount on soil water and temperature were studied in dryland agriculture areas in Shouyang of Shanxi province. The dynamic changes of soil moisture, and temperature conditions beneath mulches of maize straw applied at different amount (1500, 3000, 4500, 6000 kg/ha) and soil transpiration were investigated from April to November in 2009, the whole growth season of spring maize. The results showed that straw mulch had a beneficial effect on soil transpiration and temperature of topsoil layer within 40 cm at the early growth stage, while had no significant effect at the later stage after reaching the maximum LAI, the beneficial effect of straw mulch on reducing evaporation and improving soil water retention were increased significantly with the increasing applied amount of straw mulch. On the other hand, we found that there were adverse effects of high application mulch amount on soil moisture by interception loss and suspending infiltration of rainfall, and interception and field infiltration of rainfall under mulch condition were related to climate conditions, rainfall intensity, soil hydraulic characteristic etc., how the straw mulch amount affect field infiltration and interception of rainfall should be further studied. Similarly, Straw mulch affected topsoil temperature, mulch exceed certain amount could lead to low temperature to affect crop growth and yield. In this study, the recommended amount of straw mulch for the studied areas was 4500 kg/ha with taking into consideration of integrated effect on both soil water content and temperature. These findings are important for identifying the best straw mulch practices for dryland agriculture, and would provide useful reference for further studies in this field.

Key words: Straw mulch amount; Dynamic change of soil moisture; Dynamic change of soil temperature

^{*} 收稿日期: 2009-12-20 ^{**} 通讯作者。E-mail: haoweiping@ieda.org.cn

基金项目: 国家 863 计划课题 (2006AA100204); 国家科技支撑计划项目 (2006BAD29B02)

作者简介: 王兆伟 (1984–), 山东日照人, 硕士研究生, 研究方向为农业水土工程。E-mail: wangzhaowei-2008@163.com

秸秆覆盖的应用为作物秸秆资源的循环利用提供了一个有效途径,秸秆覆盖可以抑制土壤蒸发,改善土壤水分状况,提高作物产量和水分利用效率,同时又可以培肥地力,因而成为旱地农业的一项重要栽培技术措施。国内外学者针对秸秆覆盖开展了广泛深入的研究,涉及秸秆覆盖对土壤结构、土壤水、土壤侵蚀、土壤微生物及酶活性、土壤肥力与养分转化、田间杂草控制以及作物生长等方面的影响^[1-9],其中秸秆覆盖对土壤水分影响方面的研究最多,秸秆覆盖能够提高土壤蓄水保水能力、减少无效蒸发,进而提高作物产量和水分利用效率,已经被大量的研究和生产实践所证明。但是,已有研究表明不合理的覆盖量造成秸秆覆盖保水效果不明显甚至导致作物减产^[10-11]。如何确定合理的秸秆覆盖量或覆盖厚度,进一步提高秸秆覆盖增产效应已成为目前这一领域的主要研究方向。

Lai^[12]研究提出在热带气候条件下秸秆覆盖量在4000~6000kg/hm²范围内的保水增产效果明显。孟毅等^[13]对不同小麦秸秆覆盖量对夏玉米田土壤水、温度和作物产量的影响研究表明,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,覆盖量为4120kg/hm²处理的产量及水分利用率最优;覆盖处理的土壤温度在各生育阶段均高于不覆盖处理,覆盖量为2060kg/hm²的增温效果最好,超过3000kg/hm²覆盖量增温效果减弱。于浣水等^[14]对不同秸秆覆盖量对冬小麦土壤蒸发的影响研究表明,覆盖量为6000kg/hm²的抑蒸效果好于覆盖量3000kg/hm²处理。刘超等^[15]在陕西杨凌示范区研究不同秸秆覆盖量对土壤蒸发的影响表明,秸秆覆盖量在6000~9000kg/hm²范围时,保墒效果和玉米增产效果明显。王昕等^[16]针对秸秆覆盖量对土壤水分保蓄及作物水分利用效率的影响研究表明,在宁南半干旱条件下秸秆覆盖量达到9000kg/hm²以上水分保蓄效果才达到显著水平。由此可见,不同区域的覆盖效果最佳的秸秆覆盖量不同,秸秆覆盖量对土壤水分和作物生长的影响因不同区域的气候、土壤类型、管理措施等条件的不同而产生不同的效果^[17]。因此在特定区域条件下,探明不同秸秆覆盖量对土壤水分和温度的影响机制,进而明确对作物产量的影响,对于确定适宜的秸秆覆盖量十分重要。

针对不同秸秆覆盖量对土壤水分和温度的影响机制,国内学者利用试验资料定量研究了不同秸秆覆盖量下农田土壤水热动态变化,获得了一些秸秆覆盖

对土壤水热动态影响的数据,沈荣开等还利用耦合模型对秸秆覆盖下田间土壤水热动态进行了仿真模拟,以期了解不同秸秆覆盖对土壤水热动态的影响^[18-22]。但是受监测设备条件的限制,大多数的研究是以日为时间间隔测定土壤水分含量或一定深度土层储水量随时间的变化,以及选择某个特定日期测定土壤水分日变化等方法来分析秸秆覆盖量对土壤的水分变化影响,还缺乏全生育期实时动态的观测资料。因此,本文拟根据土壤剖面水分测定仪和自计温度测定仪自动记录的实时观测资料,分析不同秸秆覆盖量处理中以小时为时间间隔的玉米全生育期土壤水分和温度动态,特别是降雨过程中和降雨结束后土壤水分和温度的动态变化,旨在更全面地反应土壤水分和温度的实际变化状况,以便明确不同秸秆覆盖量对土壤水热动态的影响,为本区域合理应用秸秆覆盖技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在山西寿阳旱作农业野外科学观测试验站进行,该站位于黄土高原东部山西省晋中市寿阳县宗艾镇宗艾村(112°46′-113°26′E,37°32′-38°06′N,海拔1135m)。为典型的旱地农业区,主要作物为玉米、谷子,属半湿润偏旱气候,多年平均降水量为485.2mm,年际变化较大,最低年降水量只有300mm左右,而最高年降水量达到了674.5mm,降水的年内分布亦不均匀,主要集中在6-9月,占全年降水量的73.5%;年平均气温为8.14℃,1月份最冷(月平均气温为-7.49℃),7月份最热(月平均气温为21.95℃),无霜期140d左右;全年日照时数平均为3679.3h,从各月份分布状况来看,5月份最多(275.63h),其次为6月份(258.7h)。试验地土壤类型为褐土。

1.2 试验处理设置

试验于2009年4月-2009年11月进行。包括4个不同玉米秸秆覆盖量处理(1500kg/hm²、3000kg/hm²、4500kg/hm²、6000kg/hm²)分别用M₁、M₂、M₃、M₄表示,以无覆盖处理作为对照(用M₀表示),采用随机区组排列,重复3次,小区规格为6m×10m。采用当地常用施肥量,每个小区施肥水平一致。供试作物为玉米,选用当地普遍种植的品种(晋单48号),于2009年4月28日播种,2009年10月8日收获,生育期为163d。

1.3 项目观测

(1)土壤含水率动态:采用澳大利亚SMART自

动记录土壤剖面水分测定仪在试验小区内实时定位测定玉米全生育期农田 0-200cm 土壤剖面的土壤容积含水率,20cm 土层内每 10cm 设置一个测定点、20-120cm 土层内每 20cm 设置一个测定点、120cm 以下每 40cm 设置一个测定点,测定时间间隔为 1h。同时在各试验小区布置 TDR 测管,采用德国 TRIME 时域反射仪(TDR)测定 0-270cm 土壤剖面的土壤容积含水率作为补充,每隔 20cm 设一个测定点,测定时间间隔为 8~12d,降雨前后各加测 1 次。

(2)土壤棵间蒸发:采用自制的微型蒸渗仪测定,在每个生育期选定在天气较好时段连续测量 7~10d。

(3)土壤温度动态:采用日本产 HIOKI3633 自动记录土壤温度测定仪定位观测玉米全生育期 5、10、30cm 土层的土壤温度。时间间隔为 30min。

(4)降雨量:采用自动气象站监测玉米生育期降雨量及其他气象参数。经观测,2009 年春玉米全生育期降水量为 429.5mm,比多年平均值减少了 11.5%。

2 结果与分析

2.1 秸秆覆盖对土壤水分动态的影响

2.1.1 秸秆覆盖对土壤水分含量的影响

图 1 显示的是不同处理玉米全生育期土壤剖面平均含水率。由图中可以看出,秸秆覆盖处理与不覆盖对照处理的全生育期平均土壤含水率差异主要体现在 0-40cm 土层,在 40-60cm 土层差异不明显,60cm 以下土层的土壤含水率保持其原本的状态,未受覆盖影响。

用 SPSS 统计分析软件对各处理的不同土层土壤含水率数据进行均值差异检验,结果见表 1。由表中可见,M₄、M₃、M₂处理 0-20cm 土层土壤含水率与 M₀处理间存在极显著差异(P<0.01),且以 M₃处理的差值最大,M₁与 M₀的差异不显著。初步说明秸秆覆盖量大于 1500kg/hm²时才会对土壤水分含量产生显著的影响,且以处理 M₃的覆盖量 4500kg/hm²对土壤水分含量的影响最大。不同覆盖量处理之间,M₃、M₂与 M₁间存在显著差异(P<0.05),M₄与各覆盖量处理间的差异均不显著,表明覆盖量大于 4500kg/hm²时对水分影响效果有所减小。其他层次不同处理之间的土壤含水率无显著性差异,表明秸秆覆盖对表层 0-20cm 土壤含水率影响较大,对 20cm 深度以下的土壤含水率影响很小。

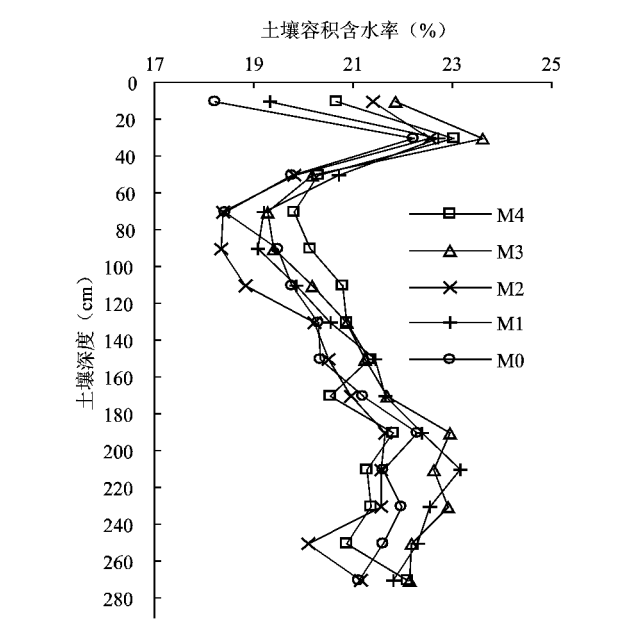


图 1 不同秸秆覆盖处理的土壤剖面不同深度土层的平均含水率

表 1 不同处理表层(0-20cm)土壤含水率差异的显著性分析

处理	处理	均值差(%)	均方误(%)	显著性水平
M ₀	M ₁	-1.53	0.84	0.10
	M ₂	-4.07 *	0.84	0.00
	M ₃	-4.37 *	0.84	0.00
	M ₄	-3.07 *	0.84	0.00
M ₁	M ₂	-2.53 *	0.84	0.01
	M ₃	-2.83 *	0.84	0.01
	M ₄	-1.53	0.84	0.10
M ₂	M ₃	-0.30	0.84	0.73
	M ₄	1.00	0.84	0.26
M ₃	M ₄	1.30	0.84	0.15

注: * 表示 0.05 水平差异显著。

不同秸秆覆盖处理的玉米全生育期 0-20cm 土层土壤含水率逐时变化过程见图 2,生育期降雨量分布见图 3。由图 2 和图 3 可见,不同秸秆覆盖量处理与无覆盖处理的土壤含水率随时间的变化规律基本一致,主要受降雨补充和作物耗水的影响而连续波动变化。对照图 3 可见,在较大降雨期间土壤水分得以补充,土壤含水率增加,随着降雨减少和作物生长耗水增加,土壤含水率逐渐减少。进一步分析可见,在土壤含水率较低的情况下发生较大降雨过程时(2009-07-08,64.3mm,2009-08-21,44mm),所有处理的土壤含水率由于降雨入渗补充而明显增加,覆盖和不覆盖处理之间差异减小;但在降雨后土壤逐渐干燥过程中,由于覆盖对土壤蒸发的抑制,覆盖处理的土壤含水率明显高于不覆盖处理。

结合作物生育期分析图 2 可见,在降雨较少的生长前期所有覆盖处理的 20cm 土层土壤含水率均比无覆盖高,表现出秸秆覆盖的抑蒸保水效应,而不同覆盖量处理中以 M_3 (覆盖量 $4500\text{kg}/\text{hm}^2$) 的保水效果最佳。在玉米生长后期,由于降雨增多和作物冠层的覆盖作用,秸秆覆盖的效果逐渐减弱,覆盖处理与无覆盖处理的土壤含水率差异变小,不同覆盖量之间差异更小。以上分析可见,土壤含水率的逐时数据全面真实地反映了不同覆盖处理条件下土壤水分的动态变化过程,准确地反映了降雨时刻、降雨之后土壤水分消退过程和昼夜间土壤水分的变化,弥补了目前时域反射仪等方法监测数据不连续的缺点。

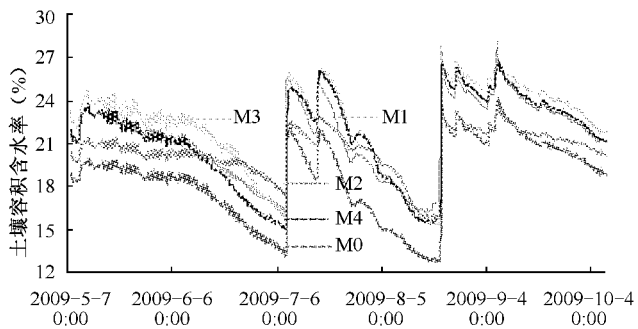


图 2 不同处理玉米全生育期 0-20cm 土层含水率的逐时变化过程

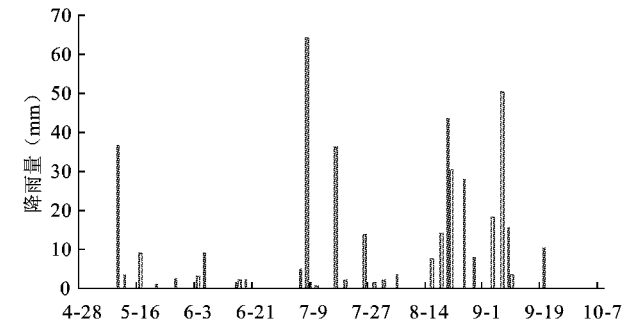


图 3 2009-04-28—2009-10-08 玉米全生育期日降雨量

2.1.2 秸秆覆盖对降雨入渗的影响

由于未对降雨入渗进行专门的测定,本文以降雨过程中表层土壤含水率逐时变化量来反映降雨的入渗

情况。以 2009-06-06 (雨量较小) 和 2009-07-08 (雨量较大) 两次降雨过程为例计算不同降雨强度下 0-10cm 层土壤含水率的逐时变化量,结果见图 4。由图 4a 可见,降雨强度较小时 (2009-06-06, 9.1mm), 6:00 开始降雨后,无覆盖处理的土壤含水率迅速增加,大约 8:00 达到最大值,秸秆覆盖处理土壤水分增加相对比较缓慢,达到土壤含水率变化量最大值的时间比无覆盖处理 M_0 推迟约 4h,达到峰值后水分增加量逐渐减小,不同处理土壤含水率最大变化量在 0.32%~0.49%; 而降雨强度较大时 (2009-07-08, 64.3mm, 图 4b), 8:00 开始降雨后所有处理的土壤含水率均迅速增加,秸秆覆盖处理含水率变化量最高值比无覆盖处理 M_0 推迟 1~2h,达到峰值后水分增加量快速减小,不同处理土壤含水率最大变化量在 3.72%~6.88%,明显高于降水强度小的条件下土壤含水率的增加量。

分析比较不同降雨强度下土壤含水率的逐时变化表明,秸秆覆盖既有减少地表蒸发的保水效应,同时又可能由于秸秆覆盖层对雨水的截获作用对降雨入渗产生不利影响。这种影响随不同降雨强度产生不同效果,秸秆覆盖在降雨强度较小的情况下对降雨入渗阻碍影响比较明显,既延缓降雨入渗时间又减少入渗量。这也可以从不同处理降雨前后 0-10cm 土层土壤储水量变化值的计算结果得到证明:在降雨 9.1mm (2009-06-06) 的情况下, M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 处理降雨前后土壤储水量分别增加 1.65mm、2.06mm、1.97mm、1.84mm,均小于无覆盖处理 M_0 的增加量 2.16mm。当降雨强度较大时,秸秆覆盖阻碍降雨入渗的影响较小,入渗时间减少,入渗量增加,但不同处理之间降雨前后 0-10cm 土层土壤储水量变化值差异不显著,可能是由于强度较高的降雨入渗导致表层土壤水分很快饱和的原因。在本研究中没有发现明显的不同覆盖量对降雨入渗的影响规律,还有待于今后进一步研究。

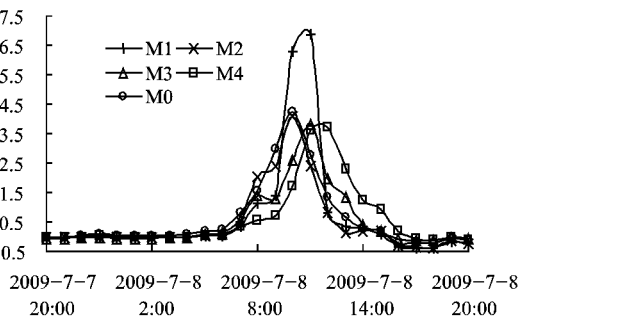
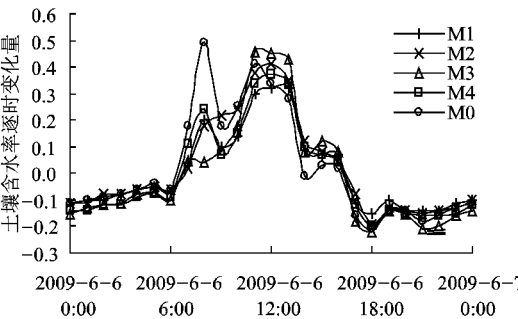


图 4 两次典型降雨过程土壤表层 (0-10cm) 含水率的逐时变化量

2.1.3 秸秆覆盖对土壤蒸发的影响

用微型蒸渗仪在玉米各个生育期连续监测土壤棵间蒸发,获得不同时期的日平均土壤蒸发量见表 2。

表 2 不同生育期观测时段的土壤棵间日蒸发量 (mm/d)

处理	05-20— 06-10	06-20— 06-30	07-05— 07-15	08-03— 08-13	08-20— 10-08
M ₀	1.23	0.68	2.67	0.49	0.49
M ₁	0.93	0.54	2.00	0.47	0.33
M ₂	0.94	0.58	2.10	0.52	0.35
M ₃	0.89	0.44	1.95	0.46	0.43
M ₄	0.76	0.55	1.74	0.49	0.45

土壤棵间蒸发量与土壤含水率大小、温度、秸秆覆盖量及作物自身覆盖度有关。由表中可见,土壤棵间蒸发主要发生在玉米冠层封行前,冠层封行后,土壤水分消耗主要是作物蒸腾引起的,棵间蒸发量明显减小。如 08-20-10-08,玉米进入抽穗吐丝期后叶面积指数达到最大值,生育期内各处理的棵间蒸发量相对较小,比苗期蒸发量降低了 41%~65%。

在作物生长前期主要是苗期和拔节期,秸秆覆盖对土壤蒸发抑制作用明显,覆盖量越大棵间蒸发量越小,说明棵间蒸发的减小与覆盖量的多少成正比关系,如 05-20-06-10(苗期)秸秆覆盖处理 M₁、M₂、M₃、M₄ 的棵间蒸发分别比无覆盖处理低 24.4%、23.6%、27.6%、38.2%。同时,还发现土壤含水率对秸秆覆盖的抑蒸效果也有很大影响,在 6 月下旬(表中 06-20-06-30)和 8 月上旬(表中 08-03-08-13)的相对干旱时期,土壤含水率较低(参图 2),棵间蒸发量普遍较小,秸秆覆盖抑制棵间蒸发作用不明显;而在 7 月上旬(表中 07-05-07-15),由于降雨的补充使土壤水分得到恢复,土壤含水率较大时(参图 2),秸秆覆盖抑制棵间蒸发的效果显著,覆盖量越大抑制效果越明显。

2.1.4 秸秆覆盖对土壤储水量的影响

秸秆覆盖具有抑制土壤的蒸发,保墒蓄水作用,因此秸秆覆盖对土壤储水量,尤其对表层土壤的储水量有一定影响^[23]。图 5 反映了不同秸秆覆盖量处理的土壤表层 40cm 储水量在玉米生育期内的变化过程,由图中可见,所有秸秆覆盖处理的表层土壤储水量都高于不覆盖处理,在降雨之后的土壤水分恢复期,秸秆覆盖处理的表层土壤储水量与不覆盖处理之间的差异减小。全生育期覆盖处理对储水量的影响表现为在生长期明显增加土壤储水量,生长后期储水量增加效

果逐渐减小,说明秸秆覆盖在苗期和旱季作用明显,随着玉米自身植被覆盖度的增加,秸秆覆盖保墒效果和影响变小,同时生长后期降雨增加也减弱了秸秆覆盖处理的土壤储水量与不覆盖处理之间的差异。

计算不同覆盖处理的平均储水量得出, M₁、M₂、M₃、M₄ 秸秆覆盖处理的储水量分别比无覆盖处理 M₀ 高 3.8%、8.7%、12.4%、8.1%, 苗期比无覆盖处理高 3.6%、6.2%、16.4%、11.3%。计算结果表明覆盖处理储水量与覆盖量呈正比关系,覆盖量越高的处理表层储水量越高。在本试验中以处理 M₃(覆盖量 4500kg/hm²)为最高,覆盖量超过 4500kg/hm² 处理中表层 40cm 储水量开始降低。

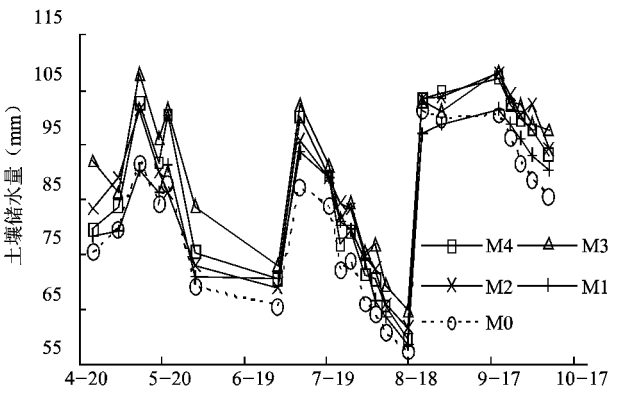


图 5 2009 年不同秸秆覆盖量的玉米田 0-40cm 土层储水量变化过程

2.2 秸秆覆盖量对土壤温度动态的影响

秸秆覆盖阻断了土气界面水热传输,研究发现秸秆覆盖处理对太阳辐射的吸收转化和热量传导都有较大影响。

本研究利用自动记录土壤温度仪观测了农田 5cm、10cm、30cm 土层全生育期内的土壤温度变化过程,结果见图 6。从图 6a 30cm 土层全生育期土壤温度变化整体趋势可以看出,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,覆盖处理与不覆盖处理的土壤温度差异显著(见图 6b),随着玉米进入抽穗吐丝期、叶面积指数达到最大值后,作物叶面遮荫增大,秸秆覆盖的保温效果减弱,不同处理间的土壤温度差异逐渐减小(见图 6c)。

从图 6b 可见,覆盖量显著影响作物生长前期的土壤温度变化,覆盖的农田土壤温度白天较不覆盖低,晚间则相反,日温差较小,覆盖量越大越明显。对比分析发现,全生育期覆盖处理 M₁、M₂、M₃、M₄ 的 30cm 土层温度最高值分别比无覆盖处理低 2.8、2.4、3.2、5.2℃。苗期 M₁、M₂、M₃、M₄ 处理的 30cm 土层平

均土壤温度分别比无覆盖处理低 1.1、0.7、0.9、1.4℃,拔节和吐丝期分别低 0.2、0.2、0.7、0.9℃,灌浆到成熟期分别低 0.1、-0.1、0.0、0.2℃。表明在苗期秸秆覆盖对土壤温度影响最大,且秸秆覆盖量越大调节土温作用越大。

将全生育期土壤温度变化过程与土壤含水率变

化过程相结合分析,秸秆覆盖对土壤温度影响与土壤含水率相关,当水分含水率较低时候,土壤温度最高值升高,温差变大,秸秆覆盖明显降低土壤温度,日温差振幅减小;当降雨后土壤水分恢复过程中,随着土壤含水率上升,土壤温度最高值降低,秸秆覆盖对温度的影响差异不显著。

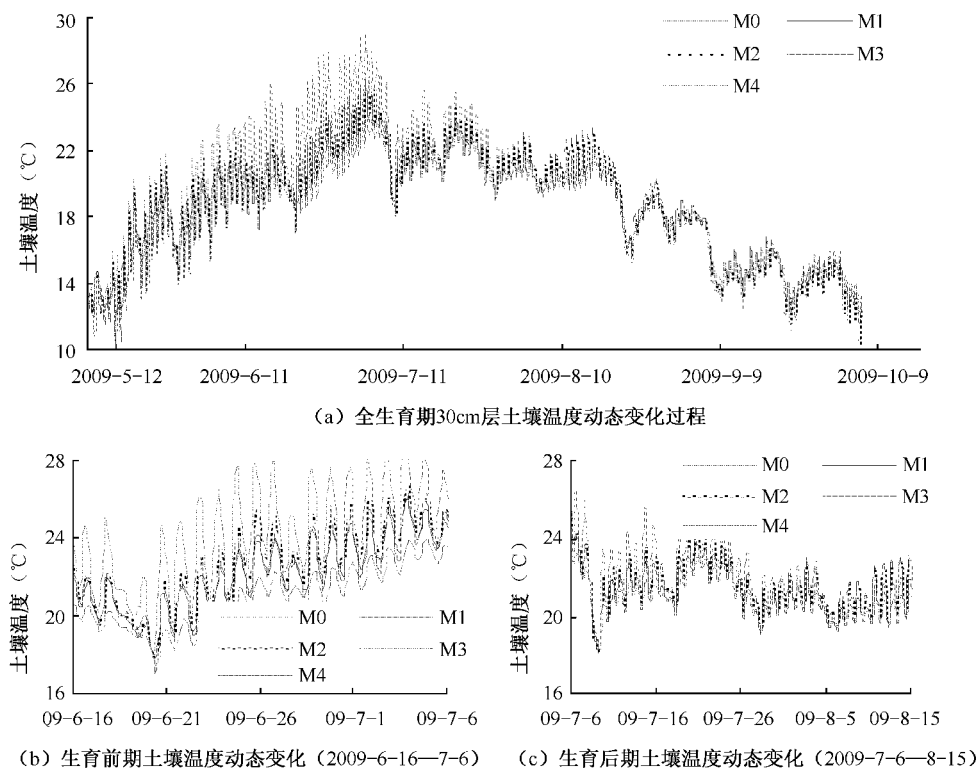


图 6 不同覆盖处理 30cm 土层土壤温度的动态变化

3 结论与讨论

山西寿阳地处典型旱地农业区,农业生产主要依赖降水,为了提高有限降水资源的生产效率,保证粮食稳产增产,提高土壤蓄水保墒能力的农田水分调控技术是主要方向。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和土壤肥力,取材方便,价格低廉,易于操作,已成为旱地农业主要的水分调控技术之一。但是调控的效果与秸秆覆盖量的多少直接相关,通过本试验研究证明,秸秆覆盖能够抑制土壤蒸发,且抑制效果与覆盖量的多少成正比关系,秸秆对土壤水分的动态影响主要表现在作物生长前期对土壤表层 40cm 土层的影响。秸秆覆盖既影响土壤水分又影响土壤温度的变化,覆盖量越大对温度的影响越明显,但已有研究表明覆盖量过大引起的低温效应会影响作物生长生育甚至造成减产^[22]。因此,综合秸秆覆盖量对土壤水分和温度影响效果,本试验研

究初步认为在研究区域条件下覆盖量为 4500kg/hm² 的土壤水热效应最佳,覆盖量超过 4500kg/hm² 表层储水量开始降低。

本研究利用自动记录测定仪器按照较短的时间间隔测定的土壤含水率和土壤温度数据全面真实地反映了不同覆盖处理条件下土壤水分和温度的动态变化,特别是更准确地反映了降雨之后土壤水分消退过程和昼夜间土壤水分和温度的变化,提供了更全面详实的资料。本文针对作物生育期内同一时刻的土壤温度、降雨入渗、水分含量对比研究发现,不同秸秆覆盖量对降雨入渗的影响与降雨强度和时期有关,秸秆覆盖量对温度的影响与降雨和土壤初始含水率相关,覆盖量增大有利于抑制土壤蒸发,但对温度和降雨入渗的影响比较复杂,秸秆覆盖量对土壤温度和水分影响的利弊,特别是对降雨入渗的影响还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] Thomas F D, Michael B J, Maria R F, et al. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes [J]. *Field Crops Research*, 2005, (94): 238-249.
- [2] Cheshire M V, Bedrock C N, Williams B L, et al. The immobilization of nitrogen by straw decomposition in soil [J]. *Eur. J. Soil Sci.*, 1999, 50: 320-341.
- [3] 赵聚宝, 梅旭荣, 薛军红. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用率的影响 [J]. *中国农业科学*, 1996, 29(2): 59-66.
- [4] 江永红, 宇振荣, 马永良. 秸秆还田对农田生态系统及作物生长的影响 [J]. *土壤通报*, 2001, 32(5): 209-212.
- [5] 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.
- [6] 巩杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究 [J]. *干旱地区农业研究*, 2003, 21(3): 69-73.
- [7] 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.
- [8] 易镇邪, 周文新. 免耕和秸秆覆盖对旱地玉米抗旱性与土壤养分含量的影响 [J]. *农业现代化研究*, 2007, 28(4): 490-493.
- [9] 李倩, 张睿, 贾志宽. 玉米旱作栽培条件下不同秸秆覆盖量对土壤酶活性的影响 [J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(4): 152-154.
- [10] Unger P W. Wheat residue management effects on soil water storage and corn production [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1986, 50: 764-770.
- [11] Wicks G A, Crutchfield D A, Burnside O C. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield [J]. *Weed Sci.*, 1994, (42): 141-147.
- [12] Lai R. No-tillage effect on soil properties under different crops in western Nigeria [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1976, 40: 762-768.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 刘超, 汪有科, 湛景武, 等. 秸秆覆盖量对农田土面蒸发的影响 [J]. *中国农学通报*, 2008, 24(5): 448-451.
- [16] 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.
- [17] Tolk J A, Howell T A, Evett S R. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize [J]. *Soil & Tillage Research*, 1999, 50: 137-147.
- [18] Sui H, Zeng D, Chen F. A numerical model for simulating the temperature and moisture regimes of soil under various mulch [J]. *Agri. For. Meteorol.*, 1992, 61: 281-289.
- [19] 沈荣开, 任理, 张瑜芳. 夏玉米麦秸全覆盖下土壤水热动态的田间试验和数值模拟 [J]. *水利学报*, 1997, 28(2): 14-21.
- [20] 任理, 张瑜芳, 沈荣开, 等. 条带覆盖下土壤水热动态的田间试验与模型建立 [J]. *水利学报*, 1998, 29(1): 76-84.
- [21] 刘立晶, 高焕文, 李洪文, 等. 秸秆覆盖对降雨入渗影响的试验研究 [J]. *中国农业大学学报*, 2004, 9(5): 12-15.
- [22] 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.
- [23] 陈凤, 蔡焕杰, 王健. 秸秆覆盖条件下玉米需水量及作物系数的试验研究 [J]. *灌溉排水学报*, 2004, 23(1): 41-43.