

# 不同水分处理对香梨地土壤温度的影响

刘洪波, 张江辉, 白云岗, 张胜江, 丁平

(新疆水利水电科学研究院, 乌鲁木齐 830049)

**摘 要:**通过对新疆巴州灌溉试验站香梨地在不同水分处理下土壤温度的监测, 分析了不同水分处理下不同土层深度的温度连日变化和日变化趋势。分析结果显示: 在 5 cm 土层深度上高水、中水和低水分别比对照平均高出 0.2℃、-0.2℃ 和 1.8℃。各处理间地温差值随土层深度的增加而降低, 其差值的峰值均出现在 10:00—14:00, 且温度增幅在 5 cm 表层深度最大, 其大小依次为高水>低水>对照>中水, 最大差值分别是 4℃, 3.5℃, 3℃ 和 2℃。各处理在不同生育期均表现出先增大后减小的趋势, 且表层 5—10 cm 土层在花期到坐果期增幅大于其它时期, 各处理中低水在不同生育期不同深度土层上的温度均值大于其它各处理, 高水和对照在不同的生育期土壤温度有所差异, 而对照在各处理不同生育期不同土层深度上均最小, 且低水在 8:00 不同深度上地温变幅与深度可以拟合成相关系数很高的指数函数关系, 分析结果表明低水处理的增温作用最为明显。

**关键词:**香梨; 滴灌; 土壤温度

**中图分类号:**S152.8

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2013)05-0150-05

## Impact of Different Water Treatment on the Soil Temperature in Pear Orchard

LIU Hong-bo, ZHANG Jiang-hui, BAI Yun-gang, ZHANG Sheng-jiang, DING Ping

(Xinjiang Research Institute of Water Resources and Hydropower, Urumqi 830049, China)

**Abstract:** This article analyzed the different soil depth days of temperature change and the diurnal variation in the different water treatments through the pear on the the Bazhou irrigation Experiment Station soil temperature monitoring in different water treatments. The results showed that the temperature in depth of 5 cm layer water, was average 0.2℃ and -0.2℃ and 1.8℃ higher in high, medium and low water treatments, respectively, compared with the control. Ground temperature difference between the value of each treatment with increasing soil depth reduced, the difference peak occurred at 10:00 to 14:00, and the maximum temperature increase was observed in depth of 5 cm surface, the order is the high water, low water>control water, the maximum differences of temperature were 4℃, 3.5℃ and 3℃ and 2℃. Each treatment showed the trend of increase and then decrease at different growth stages, increases in 5—10 cm soil layer in the flowering to fruit set are greater than other periods, each treatment different depth of soil in low water at different growth stages the mean temperature is greater than the other treatments, soil temperatures of high water and control treatments are different at each growth stage, and temperature of control in different soil depth, each treatment at different growth period is minimum, and the relationship between temperature change of the low water treatment at different depths at 8:00 and depth can be fitted by the exponential function with very high correlation coefficient, the analysis showed that the warming effect of the low-water treatment is the most obvious.

**Key words:** pear; drip irrigation; soil temperature

土壤温度是植物生长的重要生态因子, 直接影响土壤中水、气的保持和运动, 与作物根系功能和光合作用等生长发育指标有着规律性的对应关系, 温度过

高或过低都不利于作物生长发育<sup>[1]</sup>。在地温对作物的影响上, 国内外诸多学者开展了大量的研究<sup>[2-4]</sup>, 通过不同耕作措施和覆盖方式对玉米田土壤温度进行

收稿日期: 2013-02-27

修回日期: 2013-03-31

资助项目: 新疆自治区科技重大专项(201130103-1); 国家科技支撑计划(2011BAD29B05)

作者简介: 刘洪波(1982—), 男, 湖北天门人, 硕士, 主要从事水分高效利用研究。E-mail: lhb090@163.com

通信作者: 张江辉(1963—), 男, 陕西兴平人, 研究员, 主要从事农业水土工程研究。E-mail: skyzjh@163.net

了研究,表明覆盖处理的抑蒸稳温效应明显,促进了夏玉米生长,提高了夏玉米的产量和水分利用效率<sup>[5-11]</sup>。王建东等<sup>[12]</sup>在保证作物最优土壤水分下限和灌溉定额相同的条件下,研究了地面灌溉灌水频率对土壤水、热状况及春玉米根系分布和产量的影响。一些研究表明覆膜能使土壤明显增温,温度梯度变化使地膜覆盖具有提墒作用<sup>[13-16]</sup>。对玉米田采用覆膜与秸秆覆盖的不同方式对地温的影响进行了分析,结果同样具有增温、提墒、增产的效果<sup>[17-19]</sup>。目前,针对果树的温度特征研究较少,本文旨在通过研究不同灌溉定额条件下香梨地土壤温度的变化规律,并着重分析不同生育期、不同土层深度和不同水分条件下的地温变化规律,以期在土壤水热变化规律的基础上更好地开展生产实践。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验条件

试验地点位于新疆巴音郭楞蒙古自治州水利管理处重点灌溉试验站,该试验站位于库尔勒市尉犁县城 30 km 处,海拔 892 m,年降水量 20~80 mm,年蒸发量 2 000~2 500 mm;10℃ 以上积温 3 950~4 500℃,无霜期 180~215 d;湿润度小于 0.33,为纯灌溉农业。作物生长季节干旱少雨,土壤为砂壤土,田间持水率 16.8%,pH 值 8.0,有机质含量 12.52 g/kg,全氮 0.84 g/kg,碱解氮 58.69 mg/kg,速效磷 9.67 mg/kg,速效钾 138.74 mg/kg。试验于 2012 年 3 月开始进行,试验区面积 0.33 hm<sup>2</sup>,试材为生长势和树体大小较为一致的 11 a 生香梨树,株行距为 4 m×6 m,折合密度 420 株/hm<sup>2</sup>。

## 1.2 试验设计

试验采用地面滴灌灌溉方式,设高水(13 350 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、中水(8 850 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)和低水(6 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)3 个不同的水分处理,灌溉周期分别为 5 d,10 d 和 15 d。对照处理采用当地大水漫灌,灌溉定额 14 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,生育期共灌水 6 次。

## 1.3 试验内容与方法

土壤温度采用套装曲管地温计,于第一次灌水后开始到香梨采收,每天测定一次,测定时间为晚上 20:00,测定层次为 5,10,15,20,25 cm 共 5 个深度。地温日变化测定选取每个生育期的一天 8:00—20:00 每 2 h 测定一次。

# 2 结果与分析

## 2.1 不同水分处理不同土壤层地温变化

不同水分处理下不同土层深度土壤温度晚 20:00

时连日变化曲线如图 1 所示。

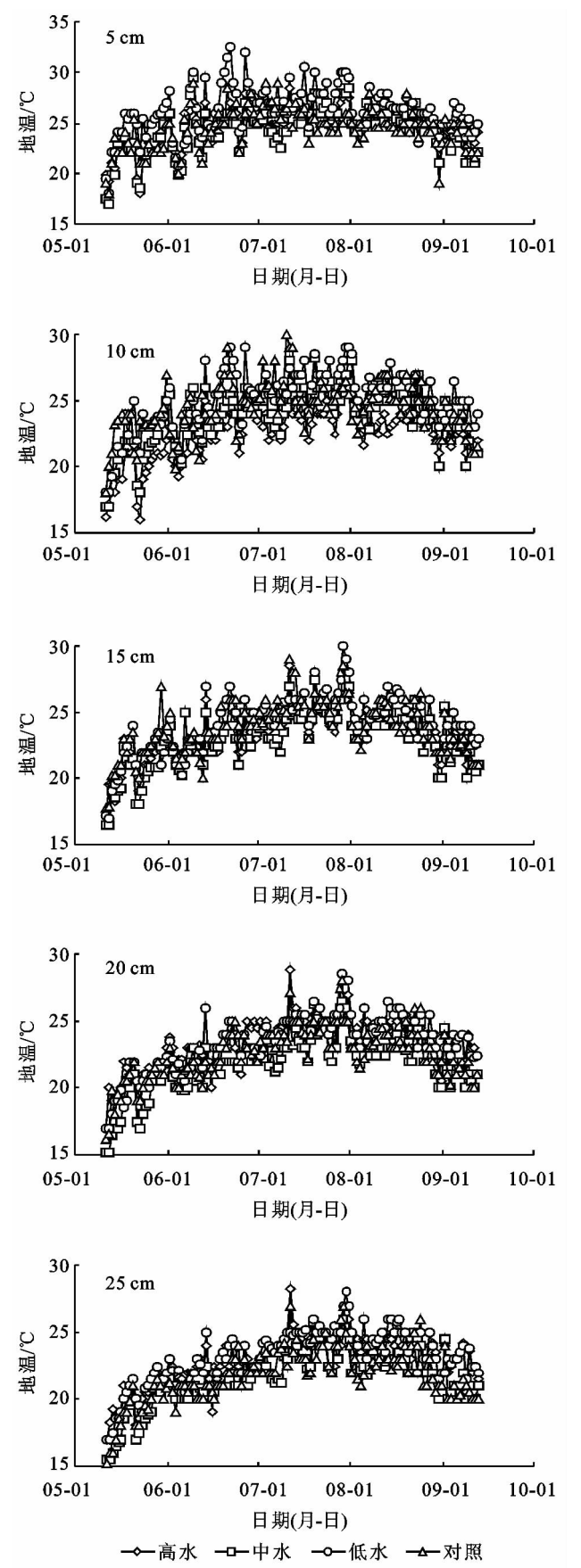


图 1 不同水分处理下不同土层深度的地温变化  
由图 1 可知,各层土壤温度随着气温变化其变化

趋势基本保持一致,且土壤温度随着深度的递增而保持一定幅度的下降,这是由于土壤浅层的垂直温度梯度远比空气大,土壤的热容量比空气大 1 000 倍,大部分热量被表层吸收,而深处的热通量大为减弱,土壤温度梯度随深度增加而减小<sup>[1]</sup>。在各土层上不同的灌水技术虽有波动,但表现出一定的规律性,基本表现为低水温度最大,中水最小,高水和对照居中。其中在 5 cm 土层深度上,由于表层受气温影响较大,因此各处理的波动较大,其各处理间平均值差值最大为 2.0℃。在 10 cm 和 15 cm 深度上,地温变化幅度呈减小趋势,地温降温明显,其各处理平均值最大差值分别为 2.4℃和 1.8℃。随着土层深度的加深,在 20 cm 和 25 cm 深度上,地温波动幅度较为平缓,各处理平均值最大相差分别为 1.57℃和 1.53℃。4 个处理单独来看,以低水土壤温度最高,5 cm 和 25 cm 深度上土壤温度平均值分别为 26.2℃和 23.1℃,而中水土壤温度最低,分别为 24.2℃和 21.5℃。可见不同处理间地温的差异在受气温等大气条件的影响

下还在一定程上受土壤含水量的影响,从而出现这种变化波动。

2.2 不同水分处理不同土层深度土壤温度日变化趋势

不同水分处理下不同土层地温日变化如图 2 所示,土壤不同深度地温的日变化是地表散热和吸热之间动态变化的结果,白天辐射强度高,地表散热小,吸热大,因而表层土温升高;夜间地表散失的热量大于吸收的热量,因而表层土温降低。从图 2 可看出,在表层 5 cm 土层上在 8:00—12:00 地温波动较大,是由于表层土壤受太阳直接照射,热量的吸收与散失及向地下传递均有一个时间过程,所以表层土温度比其它深度地温的变化更大一些,因此沿土层深度方向,深度增加则地温变化趋于平缓。各处理地温变化规律趋于一致,在早 8:00 时,表层 5 cm 温度最低,25 cm 深度温度最高。随着时间推移,各层温度逐渐增高,且表层 5 cm 处地温增长速度最快而 25 cm 处最慢,在 16:00 时已高于其它深度处土壤温度,且各处理虽在 20:00 仍在增大,但趋于平缓。

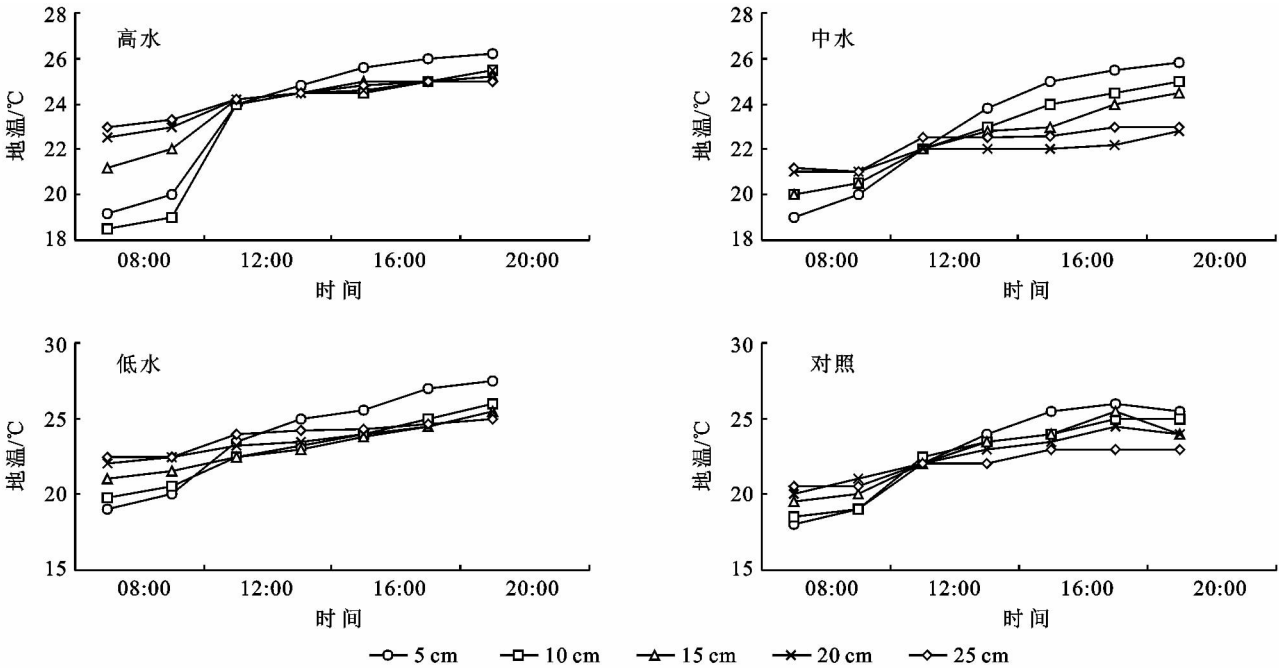


图 2 不同水分处理下不同土层地温日变化

2.3 不同土层深度不同水分处理下的土壤温度日变化

图 3 显示不同土层深度不同水分处理土壤温度的日变化。由图 3 可见,在 5—20 cm 深度上各处理的地温大小顺序依次为低水>高水>对照>中水,在 25 cm 土层深度上表现为高水>低水>中水>对照,各处理随着深度的增加差值逐渐减小,在 5 cm 和 25 cm 处的最大差值分别为 1.7℃和 2.0℃。

2.4 不同水分处理垂直方向地温变化趋势

土壤温度主要来源于太阳辐射,很少情况下是由生物热与地球内部热造成的。太阳辐射的能量源源

不断地输送到地球表面,在大气与土壤界面形成温度梯度,通过大气与土壤界面以热量的形式交换来实现,这就形成大气—上层土壤—下层土壤之间的不断能量传递的变化过程。图 4 为不同灌水技术垂直方向土壤温度变化趋势。由图 4 可知,各处理在 8:00 时由于土壤剖面上层温度较低,下层温度较高,因此垂直土壤剖面首先上层土壤接受太阳辐射地温很快升高,形成温度梯度,从而使热能逐渐向深层传递,下层温度逐渐升高。在 8:00—12:00 时各处理 20 cm 土层地温逐渐升高,并在 20:00 时在土层 5—20 cm

处地温达到最高,随后开始逐渐降温,这是由于大气的热容量要远小于土壤的热容量所造成的。

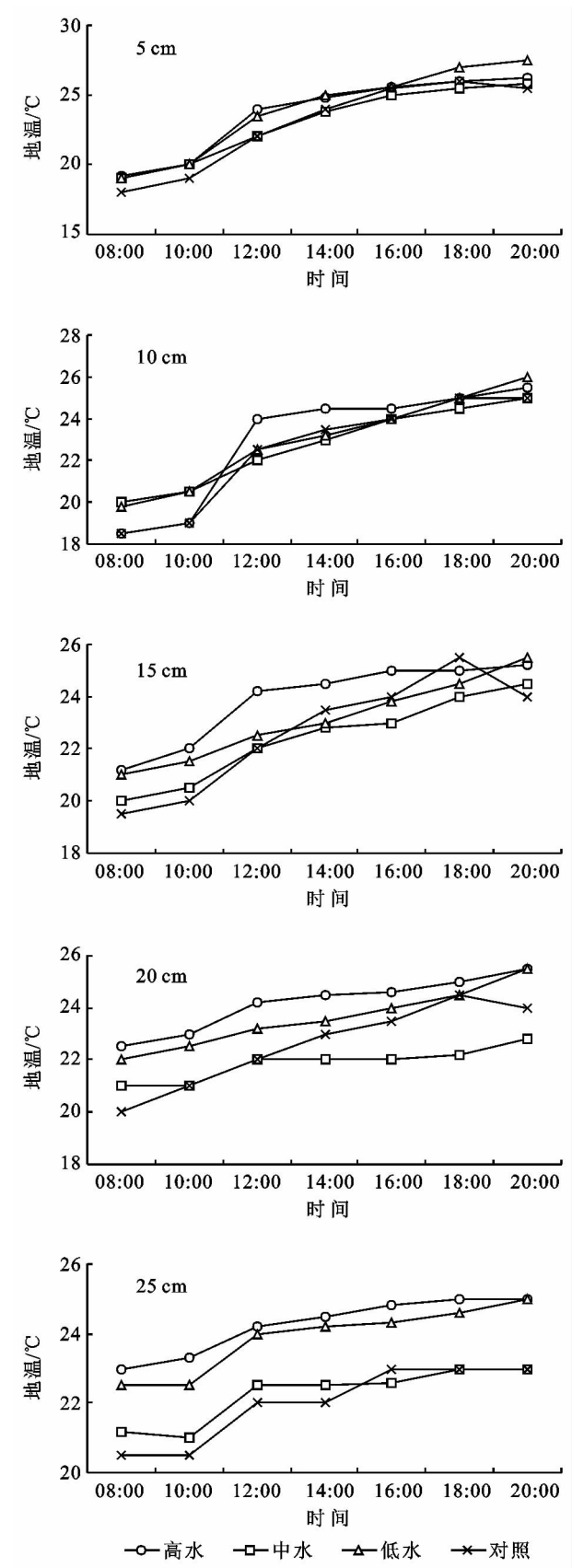


图 3 不同土层深度、不同水分处理下的土壤温度变化

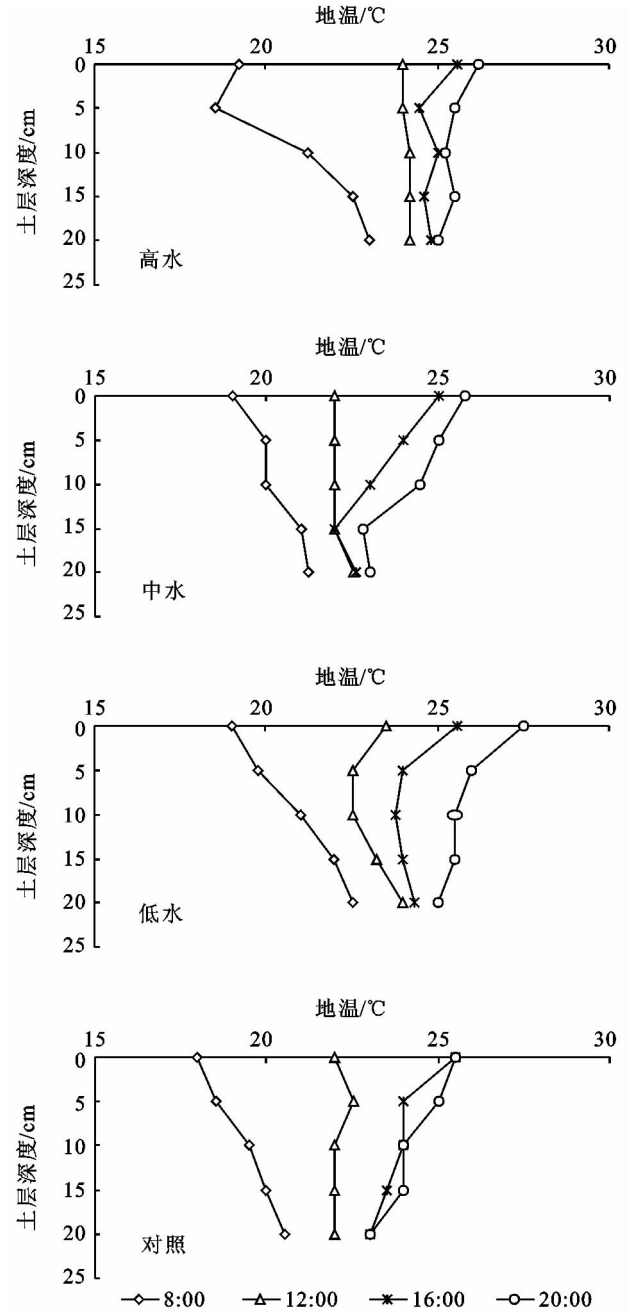


图 4 不同水分处理垂直方向上土壤温度变化

为了更清楚地表达不同灌水技术对地温的影响,利用不同时间段的地温增量来反映灌水技术对地温的影响。表 1 为不同灌水技术不同深度的土壤温度在 8: 00—10: 00, 10: 00—14: 00, 14: 00—18: 00, 18: 00—20: 00 的地温增量。由表 1 可见,各处理在 16: 00 之前土壤温度一直处在升温的状态,在 8: 00—10: 00 时间段各处理中升温最高为 1. 0℃,且随着土层深度的增加土壤温度的增量逐渐减小。在 10: 00—14: 00 各层土壤整体处在升温阶段,高水升温最快,其后是低水和对照,中水升温相对较慢,其中高水处理在 10 cm 的温差,为 5. 5℃,中水、低水和对照处理均在表层 5 cm 达到最大温差,其值分别为 3. 8℃,

5.0℃和4.0℃。在14:00—18:00各处理增温幅度均低于14:00前的增温幅度,各处理温度增加的大小顺序依次为对照>低水>中水>高水,温度增加值为3.0℃,2.0℃,1.7℃和1.2℃。在随后的18:00—20:00各处理土层温度连续开始下降,随着深度的增加下降减缓,其中高水、中水和低水均是在表层25 cm处下降最多,均为0℃,而对照处理在15 cm土层下降最多,为-1.5℃。

表 1 不同时间段的温度增量

处理	土层深度/cm	8:00—10:00	10:00—14:00	14:00—18:00	18:00—20:00
		10:00	14:00	18:00	20:00
高水	5	0.8	4.8	1.2	0.2
	10	0.5	5.5	0.5	0.5
	15	0.8	2.5	0.5	0.2
	20	0.5	1.5	0.5	0.5
	25	0.3	1.2	0.5	0
中水	5	1	3.8	1.7	0.3
	10	0.5	2.5	1.5	0.5
	15	0.5	2.3	1.2	0.5
	20	0	1	0.2	0.6
	25	-0.2	1.5	0.5	0
低水	5	1	5	2	0.5
	10	0.7	2.7	1.8	1
	15	0.5	1.5	1.5	1
	20	0.5	1	1	1
	25	0	1.7	0.4	0.4
对照	5	1	4	3	-0.5
	10	0.5	4	2	0
	15	0.5	3	2.5	-1.5
	20	1	2	1.5	-0.5
	25	0	2.5	0	0

2.5 不同水分处理各生育期平均土壤温度变化

由图5可知,从花期到果实成熟期,在各生育期各处理均表现出一致规律性,表现为先增大后降低的趋势。如图5所示,在花期时,各处理在各深度上变化大不,表层5—10 cm土层地温下降幅度大于15—25 cm土层,这可能是由于在花期时灌水量少以及树体新梢生长量少所致。在坐果期地温明显升高,其中表层25 cm土层从花期到坐果期温度上升最慢,15—25 cm相对平缓,从果实膨大期到果实成熟期温度变幅不大,进入果实膨大期后地温随着温度的降低开始缓慢降低,综合各生育期看,虽然各处理地温呈波动趋势,但低水在不同生育期不同深度土层上的温度均值大于其它各处理,高水和对照在不同的生育期土壤温度有所差异,而对照在各处理不同生育期不同土层深度上均最小。

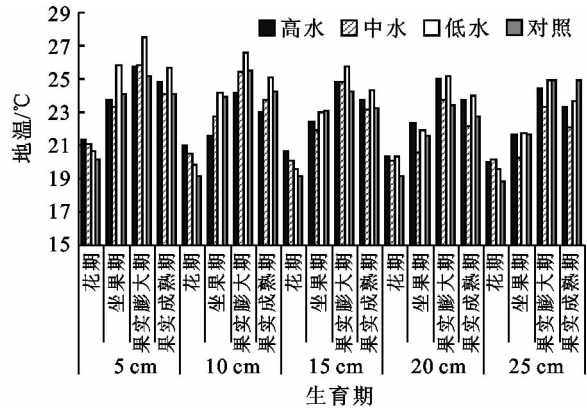


图 5 各生育期不同水分处理下的土壤温度变化

3 结论

通过以上分析结果表明,在5 cm土层深度上高水、中水和低水分别比对照平均高出0.2℃,-0.2℃和1.8℃。各处理间地温差值随土层深度的增加而降低,其差值的峰值均出现在10:00—14:00,且温度增幅在5 cm表层最大,其大小依次为高水>低水>对照>中水,最大差值分别是4℃,3.5℃,3℃和2℃。各处理在不同生育期均表现出先增大后减小的趋势,且表层5—10 cm土层在花期到坐果期增幅大于其它时期,各处理中低水在不同生育期不同深度土层上的温度均值大于其它各处理,高水和对照在不同的生育期土壤温度有所差异,而对照在各处理不同生育期不同土层深度上均最小,且低水在8:00不同深度上地温变幅与深度可以拟合成相关系数很高的指数函数关系,分析结果表明低水处理的增温作用最为明显。

通过以上分析结果表明,采用不同灌溉制度的滴灌灌水技术改变了土壤蒸发的上表面,使土壤的湿润体发生了改变,从而一定程度上影响了土壤与大气之间的热量交换,降低了土壤水分的垂直蒸发。因此采用滴灌灌水技术均具有提高地温的作用,且低水处理的增温作用最为明显。

参考文献:

[1] 张玉先,罗奥,祁倩倩,等.不同耕作措施对黑龙江西部土壤温度的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(5):93-96,172.

[2] Germán A B, Donald G B, Steven E H. Soil temperature and planting date effects on corn yield, leaf area, and plant development[J]. American Society of Agronomy,1996,88(3):385-390.

[3] Stone P J, Sorensen I P. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperature climate[J]. Field Crops Research,1999,63(2):169-178.

图 5b 是滇中地区年降水量的复值 Morlet 小波变换系数模。从图中可以看出:27 a 时间尺度上的周期性振荡能量最强,贯穿整个研究时段,16 a 时间尺度上的周期性振荡主要发生在 2000 年以前。而对于其它时间尺度的周期性变化,局部性特征非常突出。

### 3 结论与讨论

(1) 滇中地区年平均降水量为 955.65 mm,1999 年降水量最高,达 1 184.83 mm,2011 年降水量仅有 708.60 mm,变差系数大致呈现出从滇中中部向两侧递减的趋势。

(2) 50 a 来,滇中地区年降水量整体呈现出微弱的减少趋势,减少的速率为 7.67 mm/10 a。其中,沾益一带降水量减少趋势最为显著,速率为 -48.42 mm/10 a,降水量增加最显著的地区在滇中中部,楚雄、会泽的降水量增加速率为 18.20 mm/10 a,19.10 mm/10 a。

(3) 50 a 来,滇中地区降水量大致呈增—减—增—减的变化趋势,年降水量在 2008 年前后出现突变,并且通过了 0.05 置信水平上的显著性检验。

(4) 滇中地区降水量存在 27 a 和 16 a 左右的周期性变化,其中 27 a 时间尺度上的周期性变化贯穿整个研究时段,16 a 尺度上的周期性变化局部性特征较为突出。

滇中地区是云南省的政治、经济和文化中心与交通枢纽,资源性和水质性缺水较为突出,制约了当地的可持续发展。从文章的分析可以看出,50 a 来滇中

地区降水量呈现出微弱的减少趋势,这对于缺水的滇中来讲意义重大,应该引起相关部门的重视。

#### 参考文献:

- [1] 丁一汇. 中国气候变化:科学、影响、适应及对策研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009.
- [2] IPCC. IPCC Fourth Assessment Report (AR4)[M]. Cambridge: Cambridge University Press,2007.
- [3] 刘春蓁. 我国内陆河流域水文循环与其生态功能浅析[J]. 干旱气象,2005,23(3):12-16.
- [4] 王根绪,刘桂民,常娟. 流域尺度生态水文研究评述[J]. 生态学报,2005,25(4):892-903.
- [5] 吴绍洪,赵宗慈. 气候变化和水的最新科学认知[J]. 气候变化研究进展,2009,5(3):125-133.
- [6] 郭有安. 滇池流域水资源演变情势分析[J]. 云南地理环境研究,2005,17(2):28-32.
- [7] 李小雁,史正涛,彭海英. 滇中地区极端降水时空变化趋势及其成因分析[J]. 节水灌溉,2010(6):26-29.
- [8] 伍立群,顾世祥. 滇中水资源研究[M]. 昆明:云南科技出版社,2005.
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [10] 明庆忠,史正涛. 三江并流区干热河谷成因新探析[J]. 中国沙漠,2007,27(1):99-104.
- [11] Bradley R S, Diaz H F, Eischeid J K, et al. Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid-19th century[J]. Science, 1987, 237(4811):171-1751.
- [12] 王文圣,丁晶,李跃清. 水文小波分析[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [13] 王建东,龚时宏,于颖多,等. 地面灌水频率对土壤水与温度及春玉米生长的影响[J]. 水利学报,2008,39(4):500-505.
- [14] 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(2):11-15.
- [15] 王卫华,王全九,刘建军. 南疆棉花苗期覆膜地温变化分析[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(1):139-144.
- [16] 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.
- [17] 王斐,卢春生,张平,等. 南疆杏麦复合系统早春土壤温度变化特征研究[J]. 新疆农业科学,2011,48(8):1422-1427.
- [18] 李兴,程满金,勾芒芒,等. 黄土高原半干旱区覆膜玉米土壤温度的变异特征[J]. 生态环境学报,2010,19(1):218-222.
- [19] 李毅,邵明安,王文焰,等. 玉米田地温的时空变化特征及其预报[J]. 水利学报,2003,34(1):103-108.
- [20] 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.
- [21] Willis W O, Wierenga P J, Vredenburg R T. Fall soil water:effect on summer soil temperature[J]. Soil Science Society of America,1977,41(3):615-617.
- [22] 杨祁峰,岳云,熊春蓉. 不同覆膜方式对粮饲兼用玉米田土壤温度的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):71-75.
- [23] 祁峰,岳云,熊春蓉,等. 不同覆膜方式对陇东旱塬玉米田土壤温度的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(6):29-33.
- [24] 张俊鹏,孙景生,刘祖贵,等. 不同麦秸覆盖量对夏玉米田棵间土壤蒸发和地温的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(1):95-100.
- [25] 雷金银,吴发启,王健,等. 保护性耕作对土壤物理特性及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(10):40-45.
- [26] 张伟,汪春,梁远,等. 残茬覆盖对寒地旱作区土壤温度的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(5):70-73.
- [27] 陈青云,钱振权. 浮膜覆盖对地温、气温及蔬菜生长发育的影响[J]. 农业工程学报,1994,10(4):125-130.
- [28] 杨凯,冯永忠,李永平,等. 黄土高原坡耕地不同耕作措施对土壤温度和水分的作用效应[J]. 干旱地区农业研

(上接第 154 页)