

沙漠腹地秋季地温变化特征及其与气温的关系

曹 兴¹, 陈荣毅², 杨举芳³, 季 枫³, 王 进³

(1. 新疆乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 乌兰乌苏农业气象试验站, 新疆 石河子 832100)

摘 要:以古尔班通古特沙漠腹地为试验区, 利用2009年9~10月不同深度的地温数据, 分析了秋季各层地温的变化特征以及其对气温的响应。结果表明: 秋季各层地温呈波动缓慢下降过程, 变化倾向率为负值, 且由浅至深向下递减, 0 cm的地温下降趋势显著, 递减变化率为0.22 °C/d; 地温日变化呈正弦曲线变化过程, 白天高, 夜间低。随深度的增加, 日较差逐步减小, 日变化过程变缓, 位相往后。午后达到日最高值, 日出前下降至最低值; 晴天时, 地温变幅垂直方向上表现为上层大、下层小的“锥形”形态。浅层地温对降水的响应明显, 地温随着降水发生而下降, 且与晴天条件下的地温垂直结构差别较大; 地温与气温呈线性正相关, 随深度的增加, 相关系数减小, 地温变幅差异减小, 且位相逐层滞后, 时滞效应增强。

关键词: 沙漠; 秋季; 地温; 特征; 响应

中图分类号: P463.21⁺1

文献标识码: A

引 言

近年来全球气候变化已经成为当今社会关注的焦点, 其中陆面过程是全球气候变化研究中的一个主要方向, 其核心是研究地—气之间的能量和水分等物质相互交换和传输问题, 土壤温度是陆面研究过程中的一个重要参量^[1-4]。已有学者开展了相关的研究工作, 杨梅学对藏北高原土壤温度日变化特征研究发现浅层土壤温度受天气过程的影响较大^[5], 谢志清等研究了干旱和高寒荒漠区典型不同下垫面土壤温湿度特征及相互作用机制^[6], 刘玉洪研究了云南哀牢山山地地温的垂直分布特征^[7], 杜军等研究了浅层地温对气候变化的响应^[8]。不同地区土壤温度有各自特征, 西北干旱区非均匀下垫面的陆面过程机理与其他湿润地区相比具有其特殊性。故研究沙漠系统与大气之间热量交换对于脆弱的沙漠生态环境有着重要的意义。对这一特殊区域的土壤温度已有一定的研究, 陈世强等利用观测资料分析了夏季晴天绿洲、荒漠等的温度场特征^[9]。但以往的研究主要集中于晴天土壤温度的研究, 对

于固定半固定沙漠腹地的土壤温度特征的准确认识将会有助于进一步完善沙漠陆面过程的研究。故本文分析了秋季沙漠腹地地温变化过程及其对降水和气温的响应, 且对比分析不同天气背景条件下的地温垂直分布差异。

1 试验区概况

试验区位于古尔班通古特沙漠腹地(45°14'21" N, 87°36'15"E), 属于典型的中温带大陆性干旱气候, 年降水量历年平均为70~120 mm左右, 年潜在蒸发量却高达2 000 mm以上, 极端最高气温达到40 °C以上, 全年盛行北风和东北偏北风。沙漠的基底是第四纪疏松冲积物, 主要由0.1~0.25 mm粒级的沙粒组成。沙丘的相对高度一般为20~30 m, 在自然状态下, 沙丘主要是固定和半固定性质, 植被和生物结皮覆盖良好, 沙面稳定少变, 主要生长着梭梭和草本植物。

2 数据来源与方法

在2009年9月10日至10月10日时间段内,

收稿日期: 2011-06-14; 改回日期: 2011-07-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(40801019)、新疆维吾尔自治区自然科学基金(2009211B41)及新疆气象局项目(200806)共同资助

作者简介: 曹兴(1984-), 男, 硕士, 主要从事沙漠地—气交换研究. E-mail: cxidm@163.com

通讯作者: 陈荣毅(1978-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为荒漠生态与农业气象. E-mail: chenry63@sohu.com

利用 *MicroLite* 型 *U* 盘测温仪(测量范围 $-40.0 \sim 80.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$;精度 $0.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$) 在丘间地分别对 0 cm 、 5 cm 、 10 cm 、 20 cm 、 40 cm 不同深度的地温进行连续测量,数据采集频率为 30 min 。气温、降水数据由便携式气象自动站采集,气温传感器测量高度按气象地面观测规范设置为 1.5 m ,采样频率为 30 min ,天气现象等由人工逐日作记录。

在观测期内典型天气现象有,9月17日20:00~23:00降雨,9月23日02:00降雨持续到10:00后转多云,降水量为 1.8 mm 。选取所有观测数据分析地温变化特征;选取9月22日、23日、24日对比不同天气条件下的地温垂直差异及其对降水的响应;选取2个典型晴天(9月12、13日)分析地温时滞响应。

3 结果分析

3.1 秋季地温变化特征

土壤温度变化是土壤随着太阳辐射和大气温度的变化而吸收或释放能量的过程,随着土壤深度的增加,地温的波动受太阳辐射影响而存在差异。据表1可知,在9~10月间,沙漠腹地地温月均值总体呈现随深度的增加而上升的趋势。月均值最大为 40 cm 地温($21.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$), 5 cm 地温月均值最小为 $20.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 0 cm 与 5 cm 、 10 cm 地温月均值差异较小,但与 20 cm 、 40 cm 差异较大;地表(0 cm)是土壤与大气热量交换的界面,其温度受太阳辐射影响明显,变化剧烈。 0 cm 地温日较差最高为 $31.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$,随着深度的增加,地温日较差逐步减小, 40 cm 地温受太阳辐射影响较弱,地温变化相对维持稳定,日较差变幅范围仅为 $0.3 \sim 1.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。各层地温数据的标准差分析进一步说明,表层地温变化剧烈,深层地温变化过程相对稳定;在秋季观测期内,各层地温均呈波动下降

表1 沙漠腹地秋季地温变化统计特征(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Tab.1 Statistics of soil temperature in autumn in the hinterland of Guerbantonggute Desert(Unit: $^{\circ}\text{C}$)

深度	平均值	最高值	最低值	日较差	标准差	变化
						倾向率/ ($^{\circ}\text{C}/\text{d}$)
0 cm	20.7	43.8	3.9	$11.9 \sim 31.6$	9.72	-0.22
5 cm	20.6	32.2	10.3	$6.7 \sim 15.4$	4.87	-0.19
10 cm	20.7	35.9	14.3	$4.4 \sim 7.8$	3.25	-0.18
20 cm	21	24.3	18.5	$2.6 \sim 4.9$	2.34	-0.17
40 cm	21.2	24.4	18.5	$0.3 \sim 1.5$	1.44	-0.14

的过程,变化趋向率自地表向下递减, 0 cm 地温在秋季下降趋势显著,平均日下降 $0.22 \text{ }^{\circ}\text{C}$,深层 40 cm 地温变化趋向率最低。

为了进一步研究秋季地温的变化特征,以受太阳辐射影响最显著的 0 cm 为例,其最高气温、最低气温、日均值呈现较一致的波动下降变化趋势(图1)。在秋季变化倾向率均为负值,地温日均值递减变化率为 $0.22 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$,而最低地温递减变化率最大为 $0.24 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$,最高地温递减率为 $0.10 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$;从最高、最低地温的变化倾向率可知,最高地温下降速度慢,最低地温下降快,随着时间的推移,日较差逐步增大。此外,在9月18日、9月24日3条曲线分别出现明显的下降过程,这是在9月17日、9月23日发生降雨,太阳有效辐射减弱,气温下降,地面接收的热量减少,导致最高、最低地温不同程度的下降。

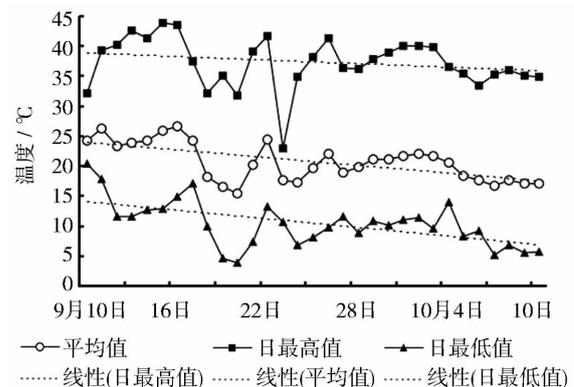


图1 0 cm 地温最高值、最低值、平均值秋季变化特征

Fig.1 Variation of 0 cm soil (maximum, minimum, average) temperature in autumn

3.2 秋季地温日变化特征

图2为地温月平均的日变化,通过平均消除各种天气现象(云和降水等)的影响,分析秋季各层地温的日变化特征。由图2可知,各层地温日变化呈正弦曲线变化过程,白天高,夜间低。不同深度的地温日变化振幅不同,位相不同,周期不同。地表温度日变化幅度最大,其次是 5 cm 地温,随着深度的增加,日变化幅度越小,位相越后。 0 cm 地温平均日较差为 $25.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$,深层 40 cm 地温日变化幅度在 $0.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。从深夜至凌晨,各层地温呈稳步的下降过程,在日出前达到最低值,日出后,地面温度快速升高,并逐步传导至浅层地温,深层 40 cm 地温仍维持较低;日变化位相从地表向深层逐层滞后, 0 cm 地温在 $15:30$ 最先达到日最高温度 $36.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$,其次是浅

层地温,最后是深层40 cm地温;由于热传导的滞后性,40 cm地温日变化过程几乎与地表温度反相,07:00达到最高值,中午时段温度低。各层地温在白天变化差异大,在15:00前后温度差最明显,随后随着气温的下降,地面温度的回落,温度差逐步减少,并在日出后的1~2 h内,温度差递减到最小,随后又逐步增加。从11:00~19:00,地面温度受太阳直接辐射的作用,温度迅速上升,并向下层传导热量,带动下层地温升高,反映出地温在垂直方向上,浅层高于深层的正地温序列,正地温序列是土壤储能的过程;相反,在日落后,地表温度(0 cm)下降迅速,在20:00前后,低于5 cm地温,深夜至日出前,浅层地温下降缓慢,并高于0 cm地温,表现出深层高于浅层和地表温度的负地温序列,由于温度差,热传导方向发生变化,深层向地表传导热量,地表以长波辐射方式向大气释放热量,负地温序列平均维持时间可达12~14 h左右。

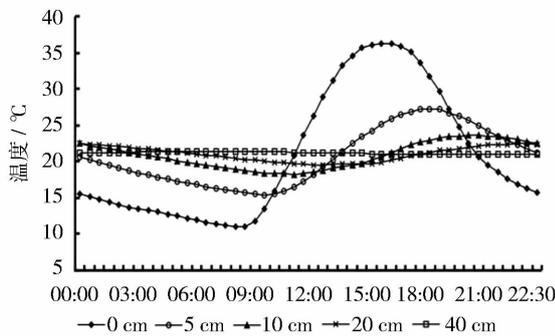


图2 沙漠腹地各层地温月平均的日变化

Fig. 2 The diurnal variation of soil temperature on different depth in the hinterland of Guerbantonggute Desert

3.3 地温垂直分布差异的变化

选择时间相连的晴天(22日)和阴雨天(23日)对比地温的垂直分布差异特征,如图3所示。在晴天时,地温垂直变化特征明显,表现为随土壤深度的增加,地温垂直变化受太阳辐射的影响逐步减小,变化趋于稳定,变化幅度呈现上层大、下层小的“锥形”状态,这与陈继康等人对地温的研究结果相似^[10]。地表作为土壤与大气热量交换的界面,在晴天时其温度受气温变化的直接影响,日变化幅度最显著,明显大于下层地温,08:00日出后0 cm地温快速上升,至16:00达到最高值41.6°C,随后随太阳辐射的减弱,温度迅速下降,至08:00达到最低值13.3°C;08:00~16:00地温递增率为3.5°C/h,16:

00~24:00,地温递减率为2.8°C/h。5 cm以及下层地温日变化幅度均小于地表温度,40 cm日变化幅度仅为4.8°C;受白天太阳辐射热量自上而下传导过程的影响,0 cm以下地温的变幅减小,且位相相应的后延。阴雨天气条件下的地温垂直变化,受降水的影响,与晴天条件下的地温垂直结构差别较大,0 cm地温变化幅度较其他层地温变化幅度大,但远小于晴天;浅层(5 cm、10 cm、20 cm)地温从0时至次日0时,总体趋势为下降,与晴天时先升后降的变化过程差别明显,日变化幅度较晴天小,但深层40 cm地温此特征不明显。晴天中午受辐射的作用,由上层往下传递热量,可以使得浅层地温在午后逐步升高,并达到峰值,而阴雨天各层地温受降水的影响,日变化均为下降的态势。地温的峰值、谷值较晴天均有不同程度的下降,0 cm下降最明显,0 cm地温阴雨天最高值仅为19.6°C,较晴天峰值下降了22°C,但随着深度的增加,较晴天下降的幅度趋小,说明降水直接影响浅层地温垂直结构变化;阴雨天时各层地温的峰值出现时间较晴天提前,谷值基本出现在23:00左右。

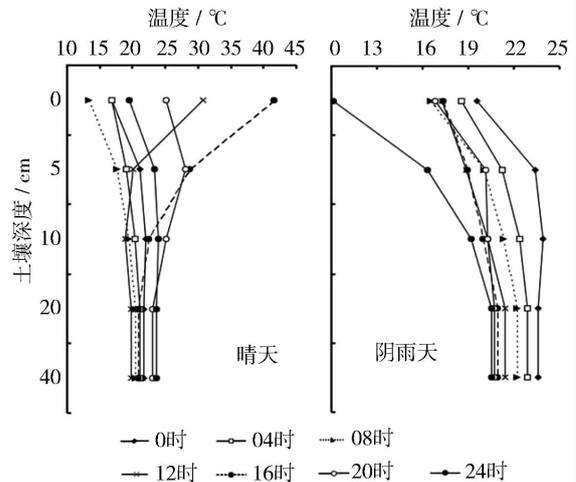


图3 不同天气背景下地温垂直变化对比

Fig. 3 The vertical variation of soil temperature under different weather condition

3.4 地温对降水的响应

土壤温度及湿度是描述土壤水热过程的2个重要的物理量,分析地温由于降水强迫而产生的变化,对于进一步研究干旱区沙漠土壤表层水分循环有一定的参考价值^[6,11]。对比分析沙漠腹地各层地温降水前后的变化过程,如图4所示。为了利于分析降水前后地温的变化,时间轴采用地方时。23日凌晨00时(北京时:02时)开始持续近8 h的降雨,降雨

量 1.8 mm,对浅层土壤湿度影响较大。从图中可知,表层和浅层地温对降水的响应明显,土壤温度的响应近似一个渐变的过程,0 cm 地温随着降水发生而下降,且在下降过程中浅层地温(5 cm、10 cm、20 cm)垂直梯度变小,在 24 日凌晨前后达到最小,在降水发生后的 24 日,天气转晴,各层地温逐步回升,但略小于降水前的状态。0 cm 地温的变化完全随着降水的开始和结束而变化,降水前一日(22 日)0 cm 地温在日出后温度快速回升,但在 23 日 00 时降水开始,0 cm 地温逐步下降,在日出后,地温未出现明显的回升趋势,这主要是表层土壤湿度受降水的影响,湿度较大,湿土热容量大,在同等太阳辐射条件下,温度上升幅度小;0 cm 地温日平均值从 22 日的 24.5 ℃,下降至 23 日的 17.6 ℃,24 日 0 cm 地温日变化过程趋于正弦变化,但平均值仅为 17.3 ℃,在时间尺度上仍然受降水的影响,0 cm 地温从降水前一日 20:00 至 23 日 14:00,均低于其他层地温,维持负地温序列,与降水前差异显著。5 cm、10 cm、20 cm 地温受降水的影响,地温呈持续缓慢的下降,直到 24 日日出后,开始快速回升,但浅层地温及深层地温(40 cm)受降水的变化幅度不及 0 cm 地温明显,这与降水量的大小以及降水对土壤湿度的影响深度有关。

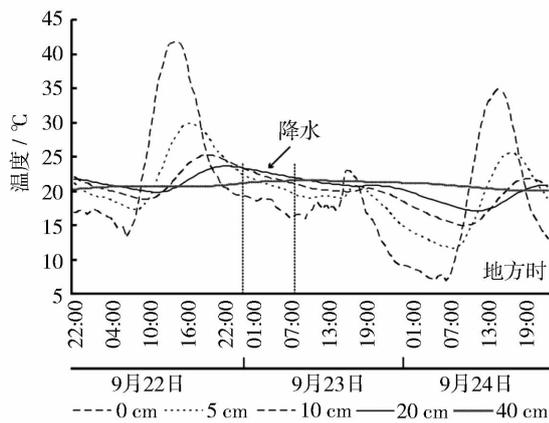


图 4 降水前后地温变化对比
Fig. 4 The soil temperature variation contrast before and after the rainfall event

3.5 地温对气温响应的时滞效应

从时间尺度上来看,土壤温度从浅层到深层都存在着明显的日变化,与太阳辐射的日变化一致,但浅层地温受太阳辐射、天气状况等影响,日变化过程不如深层平滑。深层地温的变化较浅层位相滞后,幅度变小。从图 5 可知,除 40 cm 地温变化幅度不

明显外,其他温度层均观察到地温随气温的变化出现的滞后现象,且随土壤深度的增加,滞后效应加强。在典型晴天条件下的连续观测分析认为,浅层地温日变化过程强于深层地温,且呈明显的正弦曲线变化过程,0 cm 地温在 15:30 最先达到峰值,其次为 5 cm 地温在 18:00 达到峰值,随深度的增加,热量由浅向深传导,10 cm 地温于 19:00 上升至日最高值,当热量传导至 40 cm,并带动深层地温上升,于次日的 01:00 达到最高值,地温由浅至深,在 15:30 至次日 01:00 相继达到日峰值,40 cm 较 0 cm 相对滞后近 10 h,但 5 cm 相对滞后 2 h 左右,可见气温对地温的梯度传导速率存在差异,浅层快于深层。随着太阳辐射的减弱,0 cm 地温响应最明显,温度下降速度最快,在 07:00 最先达到谷值,随后 5 cm、10 cm、20 cm、40 cm 地温下降至日最低值,浅层地温谷值出现时间段为 07:00 ~ 13:00,但深层 40 cm 地温滞后至 19:30,与浅层地温峰值出现时间较一致。由于地温对气温响应的由浅至深的相对滞后性,各层地温不仅变幅差异显著,且位相逐层滞后,时滞效应显著。

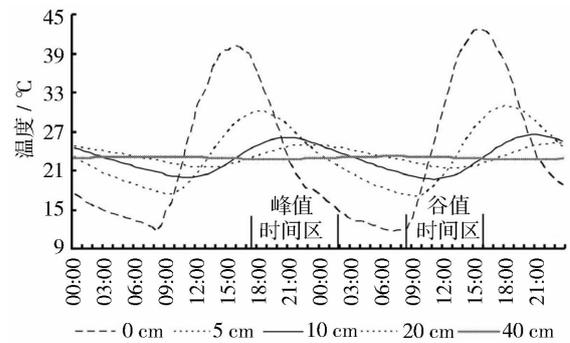


图 5 地温对气温响应的滞后性
Fig. 5 The delay character of soil temperature's response to air temperature

3.6 地温与气温的相关性分析

为进一步讨论沙漠腹地地温与气温的关系,不考虑温度变化的滞后效应,将不同深度(0 cm、5 cm、10 cm、40 cm)地温的日均值与气温进行相关分析,如图 6 所示。从图中可知,各层地温与气温均呈线性正相关,0 ~ 40 cm 土壤温度与气温的相关系数随土壤深度增加而减小,气温变化对 0 cm 地温影响最大,相关关系达到极显著水平,相关系数为 0.83 ($P = 0.000$),5 cm、10 cm 相关系数分别为 0.80、0.79,40 cm 处仍然表现为较好的线性正相关关系,但其相关系数下降至 0.66。这是地温随土壤深度的增加对气温响应的

时滞效应所致。以上分析表明,大气温度对浅层地温有明显的影 响,但浅层地温除对大气温度响应之外,还受土体内部自身温度场的控制,以及热量传导方向的影响,随着土壤深度的增加与大气温度的相关性减

小,由于各层地温位相由浅到深层地温的时滞效应,深层 40 cm 地温相关性最小。再一次验证了气温对浅层地温(0~20 cm)影响明显,即浅层地温较深层地温对气温的响应更加显著。

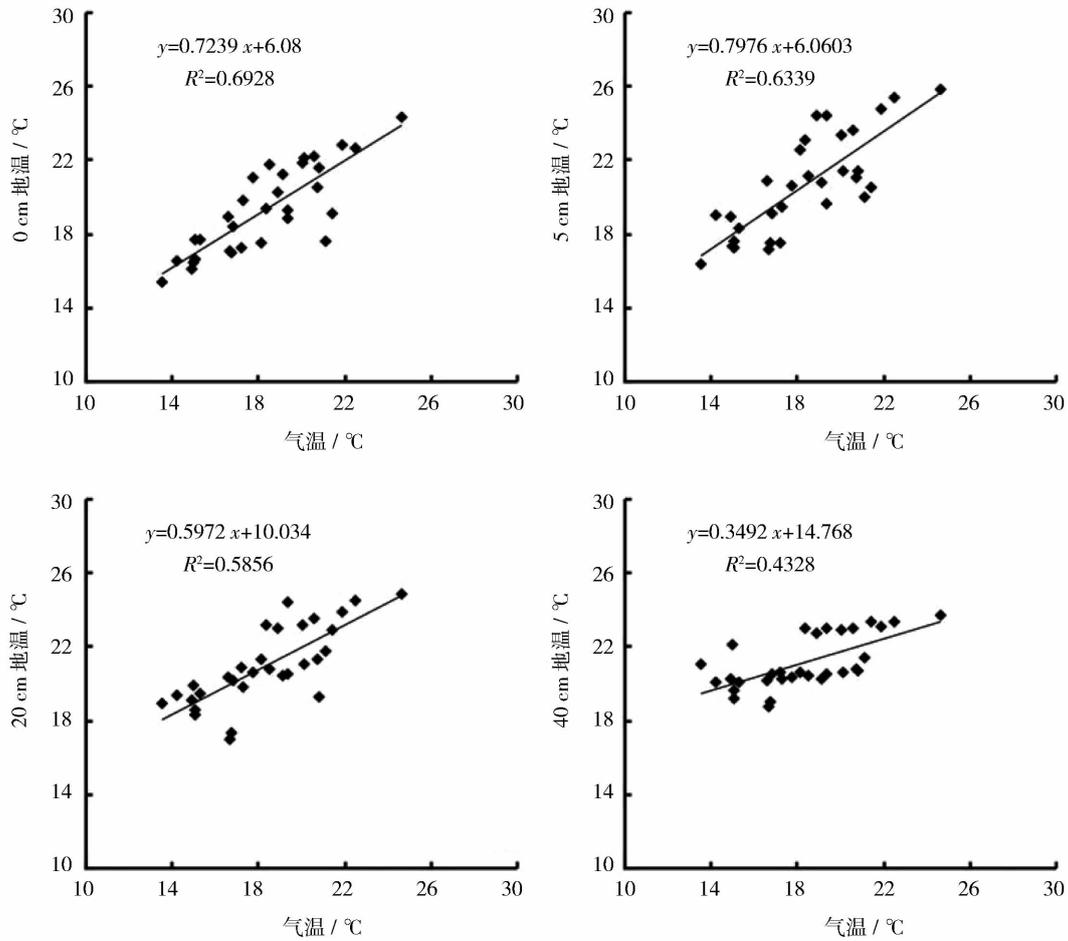


图6 地温与气温的相关性分析

Fig. 6 The analysis of correlation between soil temperature and air temperature

4 讨 论

土壤温度的变化特征除受太阳辐射影响外,还与土壤水分、土质、天气气候条件等因子有关,尤其是沙漠地区,其特殊的下垫面及干旱气候对土壤温度影响显著。沙漠地区由于其相对均一的下垫面性质粗糙、吸光性能好,导热性强,白天受太阳辐射的影响增温显著,且昼夜温差大,降水量少,土壤含水量低,孔隙度大,天气等差异影响热量在土体中的再分布,表现出与其他区域不同的特点。沙漠地温日变化过程表现与东北干旱区^[12]、西双版纳热带雨林^[13]、塔克拉玛干沙漠腹地^[14]等地温相一致,即正弦曲线过程,但沙漠腹地0 cm 地温变化幅度最高可

达 31.6 °C,远高于其他区域地温变幅;沙漠地温具有快升快降的特点,0 cm 地温日最高值较热带雨林提前 3 h,谷值提前 1.5 h^[13];由于土壤导热性好,沙漠地温较华北麦田地温^[10]深层变幅大,热量向下层传导速度快,深层地温滞后性较东北半干旱区^[12]弱;地温与气温的相关系数表现为沙漠腹地高于绿洲城市^[15]、东北辽宁等区域^[16];由于降水可以明显降低沙漠腹地土壤温度,这与相关区域的研究结果相类似^[11-12],但降水主要影响浅层地温,在东部地区降水量大时,可以影响至深层地温。沙漠地区由于降水稀少,土壤质地粗糙、昼夜温差大等特点,使得其地温具有一定的特点。在野外自然非恒温条件下,土壤水热过程相对复杂,有待进一步对比研究。

5 结 论

(1) 秋季各层地温均呈波动下降的过程, 变化倾向率为负值, 且由浅至深向下递减, 0 cm 地温下降趋势显著, 递减变化率为 0.22 °C/d, 深层 40 cm 地温变化趋向率最低。各层地温月均值总体呈现随深度的增加而上升的趋势, 月均值最大为 21.2 °C (40 cm); 地温日较差随着深度的增加逐步减小, 日变化过程平缓。

(2) 地温日变化呈正弦曲线变化过程, 白天高, 夜间低。地表温度日变化幅度最大, 其次是 5 cm 地温, 随着深度的增加, 日变幅减小, 位相滞后。各层地温在日出前达到最低值, 0 cm 地温在 15:30 最先达到日最高值 (36.2 °C), 其次是浅层地温, 深层地温最后达到峰值, 相对滞后。

(3) 在晴天时, 地温随着土壤深度的增加, 受太阳辐射的影响逐步减小, 变化趋于稳定, 变化幅度呈现上层大、下层小的“锥形”状态; 受降水的影响, 阴雨天与晴天条件下的地温垂直结构差别较大, 各层地温峰值、谷值均下降, 且日变幅变小, 峰值较晴天提前。浅层地温对降水的响应明显, 地温随着降水发生而下降, 且地温垂直梯度变小。

(4) 由于不同深度地温对气温响应的时滞效应, 随深度的增加, 地温变幅差异减小, 且位相逐层滞后, 时滞效应增强。深层 40 cm 地温较 0 cm 峰值相对滞后近 10 h。0 ~ 40 cm 地温与气温均呈线性函数正相关关系, 气温变化对 0 cm 地温影响最大, 相关系数为 0.83 ($P=0.000$), 但相关系数随深度增加而减小, 这是地温对气温响应的滞后效应。

参考文献:

- [1] 叶笃正, 符淙斌, 季劲均, 等. 有序人类活动和生存环境[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 453-460.
- [2] 符淙斌, 温刚. 中国北方干旱化的几个问题[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(1): 22-29.
- [3] 叶笃正, 符淙斌, 董文杰, 等. 全球变化科学领域的若干进展[J]. 大气科学, 2003, 27(4): 435-450.
- [4] 黄甫雪官. 地表物理过程参数化方案的研究进展[J]. 气象科技, 1997, 2: 1-11.
- [5] 杨梅学, 王绍令. 藏北高原土壤的温湿特征[J]. 地理研究, 1999, 18(3): 312-318.
- [6] 谢志清, 刘晶森, 丁裕国, 等. 干旱及高寒荒漠区土壤温湿度特征及相互影响分析[J]. 高原气象, 2005, 24(3): 16-32.
- [7] 刘玉洪. 哀牢山山地土壤温度的垂直结构特征[J]. 气象, 1992, 18(12): 23-26.
- [8] 杜军, 李春. 近 45 年拉萨浅层地温对气候变化的响应[J]. 气象, 2007, 33(3): 61-67.
- [9] 陈世强, 吕世华, 奥银焕, 等. 夏季不同土壤湿度和天气背景条件下绿洲土壤温湿度特征的个例分析[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 621-626.
- [10] 陈继康, 李素娟, 张宇, 等. 不同耕作方式下的麦田温度及其对气温的响应特征[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2592-2620.
- [11] 王胜, 张强, 卫国安, 等. 降水对荒漠土壤水热性质强迫研究[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 253-258.
- [12] 涂刚, 刘辉志, 董文杰. 东北半干旱区退化草地土壤温度的日、季变化特征[J]. 高原气象, 2008, 27(4): 741-748.
- [13] 高举明, 张一平, 于贵瑞, 等. 西双版纳热带季节雨林地温特征[J]. 生态学杂志, 2008, 27(6): 880-887.
- [14] 金莉莉, 何清, 李振杰, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地沙丘温度特征浅析[J]. 干旱气象, 2010, 28(2): 134-141.
- [15] 阿帕尔, 叶尔克江, 冯俊平. 昌吉市地温与气温关系初探[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007, 1(3): 53-56.
- [16] 孙丽, 李志江, 李岚, 等. 1959~2008 年辽宁省浅层地温变化趋势分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 28(23): 12869-12870.

Characteristics of Soil Temperature and Its Relationship with Air Temperature in Autumn in the Hinterland of the Guerbantonggute Desert

CAO Xing¹, CHEN Rongyi², YANG Jufang³, JI Fen³, WANG Jin³

(1. Urumqi Meteorological Bureau of Xinjiang, Urumqi 830000, China; 2. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China; 3. Wulanwusu Agro-meteorological Experiment Station, Shihezi 832100, China)

Abstract: Based on soil temperature data on different depth from September to October of 2009 in the hinterland of Guerbantonggute Desert, the change character of soil temperature in autumn and its response to air temperature were analyzed in this paper. The results show that the soil temperature of each layer presented slow descending and fluctuating trend, the 0 cm soil temperature declined significantly with the decreasing rate of 0.22 °C/d. The diurnal variation of soil temperature was a sine curve with high during daytime and low at night, and with the increase of depth, the daily soil temperature range decreased and the diurnal variation was no longer so extremely. The soil temperature was maximum in the afternoon and dropped to minimum value before sunrise. On a sunny day, the vertical variation of soil temperature presented larger in the upper layer and smaller in the lower layer. The response of soil temperature of upper layer to precipitation was obvious, and soil temperature dropped with the start of the rainfall, the vertical structure of soil temperature was greatly different from that on a sunny day. The soil temperature correlated significantly with air temperature (linear positive correlation), and a tendency of correlation coefficient decreasing from upper to lower layer.

Key words: desert; autumn; soil temperature; feature; response