

文章编号: 100F 1498(2003) 06 0708 07

民勤绿洲—荒漠过渡区沙土温度的变化特征

崔向慧¹, 王兵¹, 高志海², 纪永福²

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 2 甘肃省治沙研究所, 甘肃 武威 733000)

摘要: 根据在我国巴丹吉林沙漠与腾格里沙漠交汇处民勤绿洲荒漠过渡区的连续实测资料, 对民勤绿洲荒漠过渡地区沙土温度的动态变化特征及其影响因子进行了分析研究。结果表明: 在过渡样带上, 红柳沙包、白刺沙包和流动沙丘上的土温均存在明显的日变化、季节动态以及垂直变化规律; 与红柳和白刺沙包相比, 流动沙丘地表层温度日变化幅度较大, 日较差达 30.4 °C, 而且在升温和降温过程中的变化也非常快; 随着土层深度的增加, 土层内温度的昼夜变化与地表温度有很大差异, 主要表现在最大和最小温度来临时间上的延迟以及土温变化幅度的大小上, 在 5 cm 土层土温的昼夜变化相对剧烈, 温波振幅大, 而到 80 cm 处, 沙土温度的昼夜变化幅度接近于 0; 影响沙土温度的主要环境因素包括植被盖度、气象因子及沙土本身的热状况和水分条件等; 通过灰色关联分析, 气温和日照与沙土层温度的关联度最好, 分别是 0.833 和 0.726, 说明辐射热能对土温影响很大。

关键词: 民勤; 沙土温度; 绿洲 荒漠

中国分类号: P423.3 文献标识码: A

土壤温度是反映气候条件、土壤理化性质、景观特点以及水热相互作用的重要气象学因子^[1]。土壤的热性质及其温度特征, 深刻地影响着土壤水分及其它营养元素的运输, 进而制约着土壤微生物与地上植被的生存和分布及植物各种生理生化反应的速率, 从而直接或间接影响到区域生态环境和土地生产力的高低, 对系统的平衡与稳定起着重要的限制作用^[2]。因此, 观测土壤温度状况并研究其变化规律非常必要而且具有非常重要的现实意义。

我国关于土壤温度变化规律的研究很多, 研究范围涵盖了不同气候带的多种生态系统类型, 包括: 西双版纳的热带雨林, 南亚热带常绿林及农田, 暖温带的北京丘陵山地, 干旱、半干旱区的黄土高原, 寒温带的二江平原以及气候独特的藏北高原; 研究内容涉及土壤温度的变化规律、动态特征以及与环境因子的相互关系等^[3-9]。但至今为止, 对干旱区绿洲荒漠生态系统沙土温度的动态特征及其变化规律的研究却并不多见^[10-12]。本文利用民勤绿洲荒漠过渡区定位观测的数据资料, 对沙土温度的动态变化规律进行了系统研究和分析, 以为研究该地区的水热平衡规律奠定基础。

1 研究地区概况

本研究是在甘肃省民勤县西北大约 29 km 的刘家地村(38°38' N, 103°15' E)绿洲农业区外

收稿日期: 2003 06 30

基金项目: 国家自然科学基金重大项目“荒漠化发生机制与综合防治优化模式的研究”(39990490)

作者简介: 崔向慧(1975—), 男, 内蒙古宁城人, 助理研究员, 硕士。

缘进行的。该区位于甘肃省西部河西走廊东段北侧的石羊河下游、腾格里与巴丹吉林两大沙漠前缘交汇区, 属温带大陆性干旱气候区。总的特点是, 气候干燥温差大, 蒸发强烈多风沙, 光照充足降水少。多年平均降水量 113.2 mm, 主要集中在 7—9 月(占全年的 66.0%); 年均蒸发量 2580.7 mm, 为降水量的 23.4 倍; 年八级以上大风日数为 27.8 d, 年沙尘暴日数为 37 d, 风沙危害严重; 多年平均气温 7.6 ℃。

根据成土条件、成土过程和土壤表面属性, 民勤地区土壤共有 4 个土类, 15 个亚类(见表 1)^[13]。研究区过渡样带上的土壤是绿洲外围的风沙土(流动风沙土和固定风沙土), 是在风力搬运来的风积沙性物质上发育而成的, 整个剖面多为松沙, 少数为紧沙。天然植被主要是白刺(*Nitraria tangutorum* Pall.) 和红柳(*Tamarix ramosissima* Ledeb.) 灌丛; 在一些丘间地上, 还生长有红砂(*Reaumuria soongirica* (Pall.) Maxim.)、霸王(*Zygophyllum xanthoxylum* (Bunge.) Maxim.)、花花柴(*Karelinia caspica* (Pall.) Less.)、盐爪爪(*Kalidium foliatum* (Pall.) Moq.) 等灌木树种及草本植物。天然的红柳和白刺灌丛主要以灌丛沙包的形式出现, 构成了绿洲外缘红柳灌丛沙包、白刺灌丛沙包和流动沙丘交错的分布态势。

表 1 民勤荒漠区土壤分类

土类	灰棕漠土	风沙土	盐土	草垫土
	灰棕漠土	流动风沙土	典型盐土	盐化草甸土
	山地灰棕漠土	半固定风沙土	草甸盐土	荒漠化草甸土
亚类	山地石膏灰棕漠土	固定风沙土	矿质盐土	林灌草甸土
	沙砾质灰棕漠土			
	沙化灰棕漠土			
	盐化灰棕漠土			

2 样地选择与研究方法

2.1 样地选择及其植被特点

2000 年 7—11 月、2001 年 6—11 月, 以甘肃省民勤县刘家地村外缘的绿洲与荒漠过渡地带为定位研究区域, 从东面的农田绿洲边缘到西面的流动沙丘按风蚀荒漠化的主风方向设置 2 km 长的实验样带, 在样带上依次选择红柳灌丛沙包、白刺灌丛沙包与流动沙丘 3 种样地类型作为观测样点(见图 1)。由于距绿洲的距离不同, 3 种类型样地的植被分布特点也有很大差异(见表 2)。

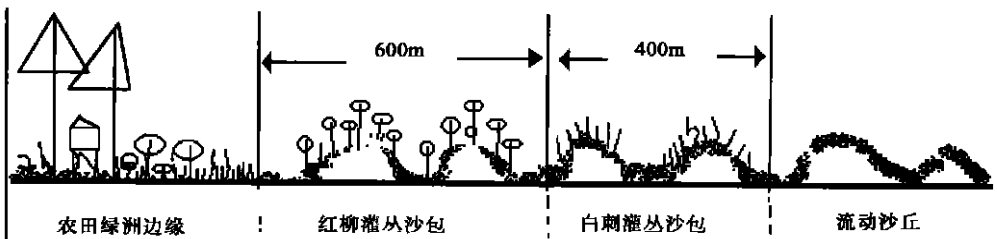


图 1 实验样带分布示意图

表 2 不同样地类型植被分布特点

样地类型	红柳灌丛沙包	白刺灌丛沙包	流动沙丘
沙包植被类型	红柳	白刺	无植被
丘间地植被类型	红砂+ 花花柴	无植被	无植被
距绿洲距离/m	0~ 600	600~ 1 000	≥1 000
植被盖度/%	25.6	15.7	< 5

在红柳沙包与白刺沙包的样点上, 在干沙层(0~ 13 cm) 以下均有根系分布, 一般须根系与细根系集中分布在 13~ 35 cm 的深度范围内, 粗根系分布在 45~ 80 cm 深度。根系的存在改善了沙土的机械组成, 使土壤更疏松, 从而土壤的理化性质也与流动沙丘有很大不同。另外, 在样地沙土表面有 0~ 1 cm 厚的结皮, 尤其在红柳样地上, 干沙层中还混杂一定数量的枯枝落叶。而在流动沙丘样点上, 由于表层频繁的风蚀作用, 沙土颗粒较粗, 且有 20 cm 左右的干沙层存在, 植被覆盖度很低。

2.2 沙土温度测定方法

为了准确得到土层温度的梯度变化以及周期性变化规律, 考虑到绿洲荒漠过渡区沙土植被综合体在空间分布上的不均匀性和荒漠景观地貌结构、地形特点的复杂性, 为测定土层温度而选择的沙土层厚度是根据各样地的具体情况, 以根系分布的深度来确定的。根据根系分布特点以及考虑到有一定厚度干沙层(13 cm 左右) 的存在, 红柳沙包与白刺沙包两个样地最深土温测定层都限定在 80 cm 处, 观测层次为 5、25、50、80 cm。流动沙丘是裸露的, 尽管深层温度也有变化, 但几乎无根系分布, 因此, 仅测定了 5 cm 深度的温度变化。测定仪器是使用 DeltaT 型自动气象观测系统, 该仪器的土壤温度分层探头具有精度高、受外界系统干扰小和可以长期连续观测等优点。自动观测系统自带数据采集仪自动记录观测数据, 每 10 min 记录 1 次, 取观测数据 30 min 的平均值。

同时, 利用 3 台自动气象观测系统对各样点的微气象因子进行了观测。观测项目包括风速风向、空气温度和相对湿度(距地面 0.5 m 高处)、水汽压、太阳辐射、净辐射、反射辐射、沙土热通量、沙土湿度以及不同层次的沙土水分, 以此来分析土层温度与环境因子的相互关系。

3 结果与分析

3.1 裸露流动沙丘沙土温度昼夜变化

图 2 是流动沙丘样地 5 cm 处 9、10、11 月份沙土温度日变化曲线。从图 2 中可以看出, 在 9 月份, 沙土温度最大值(40.7 °C) 出现在下午 14 时, 而 10 月、11 月份最大值分别为 39.9 °C 和 28.4 °C, 均出现在午后 15 时; 从最小值来看, 随着季节的变化, 9、10、11 月份的最小值出现的时间依次延迟 1 h, 分别出现在 6、7 和 8 时, 这主要与太阳高度的变化有关。从土温日变化的幅度来看, 各月份都是十分剧烈的, 在 10 月份的土温日较差最高达 35.6 °C; 在上午, 太阳升起后, 开始对地面加温, 在到达最大值这个时段内, 沙土快速升温, 其变化速度很大, 随后开始降温; 在 9 月, 午后土温的降温速度要比 10 月和 11 月小很多。流动沙丘沙土温度的这种变化特征, 主要是因为流动沙丘没有植被覆盖, 裸露的表面直接承受太阳辐射, 几乎没有调节辐射能的能力, 所以土温的变化大而急剧。

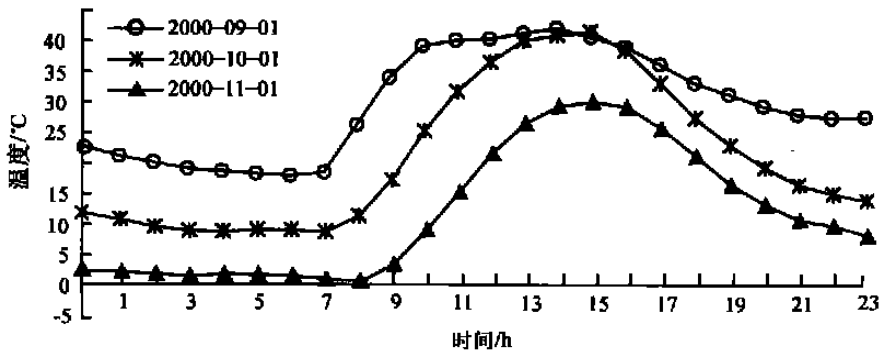


图2 流动沙丘沙土温度日变化(5 cm层)

3.2 表层沙土温度日变化特征对比分析

选择连续晴天条件下,通过对各个测点5 cm深度的土温连续观测,将各时段测定结果进行平均(见图3)。从图3可看出,各测点沙土温度具有明显的日变化,而且差别显著。红柳沙包日平均土温比白刺沙包土温稍高,但两者日变化趋势基本相同,日较差分别为8.6℃和9.8℃。与红柳和白刺沙包相比,流动沙丘沙土温度日变化幅度较大,日较差达30.4℃,而且在升温 and 降温过程中的变化速度也非常大。

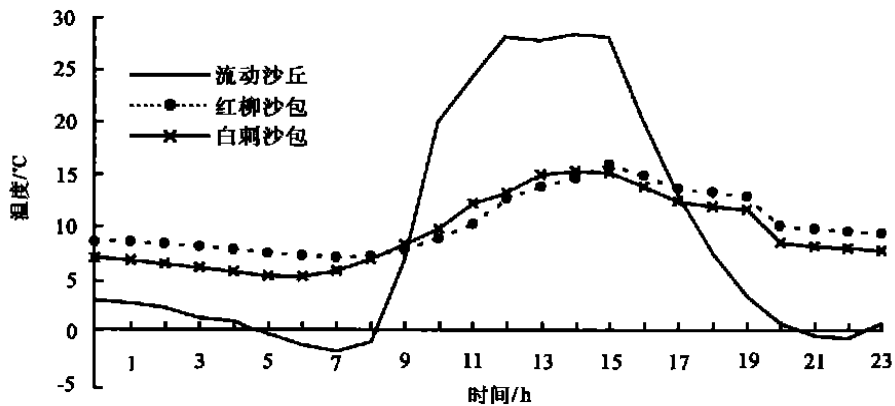


图3 晴天条件下沙土温度日变化(2000年10月21日—10月25日)

3.3 沙土温度的季节性动态

绿洲荒漠过渡区土层温度的季节性动态与昼夜温度变化状况相似,也有两个阶段,即升温阶段(1—6月)和降温阶段(7—12月)^[1]。由于数据资料限制,仅分析降温阶段的温度变化状况。从表3中可以看出,在5 cm深处,沙土温度最高值都出现在7月份,红柳沙包为30.8℃、白刺沙包为31.8℃、流动沙丘为33.9℃。在11月份之前,流动沙丘在各个月份的沙土温度均比其他有植被覆盖的沙包要高,这是因为,在红柳沙包和白刺沙包上有植被层的庇荫影响,减少了到达地表的辐射能流,进入沙土的热量相应减少,所以沙土温度随之偏低。

表3 不同层次沙土温度季节变化

℃

月份	5 cm			25 cm		50 cm		80 cm	
	红柳沙包	白刺沙包	流动沙丘	红柳沙包	白刺沙包	红柳沙包	白刺沙包	红柳沙包	白刺沙包
6	27.7	29.1	30.4	22.3	23.2	17.0	17.4	14.5	14.2
7	30.8	31.8	33.9	24.2	26.3	18.1	18.3	15.6	14.9
8	25.6	26.2	28.8	22.6	24.7	18.8	19.1	16.4	15.7
9	19.9	19.5	21.6	20.2	19.8	18.6	18.6	16.8	16.3
10	12.0	10.2	13.1	14.3	11.0	15.2	15.1	16.2	16.0
11	3.4	2.3	2.1	6.6	6.2	10.8	10.4	13.9	13.2
(平均)	19.9	19.7	22.1	18.4	18.5	16.4	16.5	15.6	15.1

此外,从不同层次沙土温度的季节变化来看,由于热量传递需要一个过程,所以越往深层,沙土温度最高值出现的时间也越滞后,如红柳沙包与白刺沙包 50 cm 土温最高值出现在 8 月,80 cm 沙土最高值出现在 9 月。从 6—11 月的平均沙土温度来看,各层土温在降温阶段(7—12 月)都呈规律变化。

3.4 沙土温度垂直梯度

土温除了具有明显的昼夜变化外,还有明显的年变化周期,所以,除个别降温天气外,土温在一定时间是上升,一定时间是下降,而且越往表层,沙土温度变化越剧烈,越往内层,则越稳定,在绿洲荒漠过渡区这种特征尤为明显。

从图 4 中可看出,红柳沙包各层土温具有明显的日变化。随着沙土深度的增加,土层内温度的昼夜变化与地表温度有所不同,主要差异在最大和最小温度来临时间上的延迟以及土温变化幅度的大小上:在 5 cm 土层土温的昼夜变化相对剧烈,温波振幅大,日较差为 7.5℃,最大值(21.5℃)出现在 15 时,最小值(14.0℃)出现在早晨 7 时;在 25 cm 和 50 cm 深处,土温最小值均比 5 cm 处延迟 1 h,出现在 8 时,25 cm 土温最大值(19.0℃)出现在 16 时,50 cm 土温最大值(19.9℃)出现在 17 时。到了 80 cm 处,沙土温度的昼夜变化幅度接近于 0,所以土温最大值和最小值的时间很难确定。

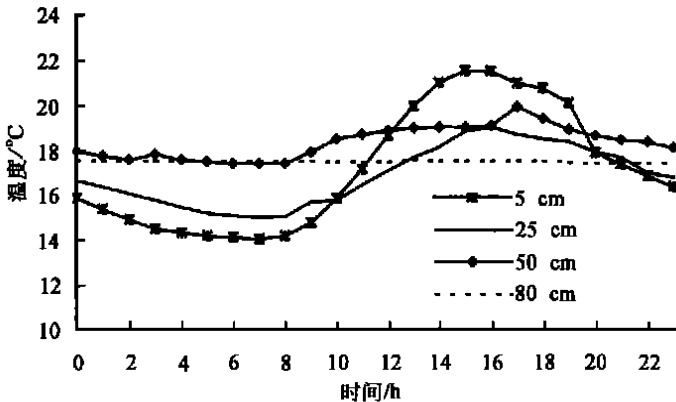


图4 红柳沙包不同深度土温日变化曲线(2000年10月1日)

3.5 沙土温度的影响因素分析

3.5.1 植被盖度及其生长状况 在降温阶段(7—12 月),有植被覆盖的沙土表层 5 cm 处的月

平均温度均低于流动裸露沙丘(见表3), 而昼夜温差变化幅度则小于流动沙丘(见图3), 这些特征在植被的生长季节更加明显。这是因为灌丛沙包有植被覆盖, 对太阳辐射具有反射作用, 盖度越大、生长状况越好, 则遮蔽作用越大。而且植被的存在改变了沙土的性状, 使得沙土的干湿程度不同, 沙土的组成成分也存在着较大的差别, 而这些差别必将影响地表接收的太阳辐射及其向下的传输过程。

3.5.2 沙土温度与气象要素的灰关联分析 斜率关联度分析法是灰色系统的关联分析中的主要方法之一^[14]。它是采用斜率作为衡量两个事物关联程度的准则, 具有计算方便、不受数列零或负值影响和关联度分辨率高等优点。本文根据测定的沙土表面5 cm处的每1 h平均温度值和每日平均温度值与对应时段大气温度、空气湿度饱和差、风速以及日照时间等气象因素的观测值进行了灰关联分析。流动沙丘样地日平均温度值与大气温度、空气湿度饱和差、风速以及日照时间等气象要素均有一定的相关性, 斜率关联度分别是0.833、0.545、0.592和0.726。其中气温和日照与沙土表层温度的关联度最好, 说明辐射热能对土温影响很大; 而空气湿度和风速对土温的影响相对较小, 但根据分析观测数据发现, 当空气湿度较大时, 随风速大幅度变化, 地表面温度也会出现很大波动。红柳沙包和白刺沙包地表温度与气象要素的相关性基本一致, 但比流动沙丘的小。这主要是植被等其他因子也对土温有很大影响, 各种关系相对复杂而引起的。

从每1 h地表平均温度值与气象要素进行关联分析发现, 尽管大气温度仍然对沙土温度影响很大, 但斜率关联度(0.692)有所下降, 而日照百分率与土温的斜率关联度则达到0.748。这可能是由于大气温度与地表温度存在一定的时间差, 从观测资料看, 一般日土温最大值均比气温最大值滞后1~2 h。空气湿度饱和差和风速与1 h时地表平均温度值的斜率关联度分别为0.428、0.369, 相关性不大。

4 讨论与结论

在过渡样带上, 红柳沙包、白刺沙包和流动沙丘上的土温均存在明显的日变化、季节动态以及垂直变化规律。与红柳和白刺沙包对比, 流动沙丘地表面温度日变化幅度较大, 日较差达30.4 °C; 随着土层深度的增加, 土层内温度的昼夜变化在最大和最小温度来临时间上出现延迟现象, 而且土温变化幅度也逐渐减小, 到80 cm处, 沙土温度的昼夜变化幅度接近于0; 从季节变化来看, 5 cm深处的土温最高值都出现在7月份, 红柳沙包为30.8 °C、白刺沙包为31.8 °C、流动沙丘为33.9 °C, 在11月份之前, 流动沙丘在各个月份的沙土温度均比其他有植被覆盖的沙包要高。

据研究, 土壤温度升高会降低土壤有机质的储量, 加快养分的矿化, 从而导致土壤贫瘠化, 使生态系统进一步衰退, 影响植被生长发育^[15]。从本研究实验样点土壤温度的变化以及植被生长状况来看, 也能反映这点。因此, 采取有效措施, 营造防风固沙林, 保护现有植被, 进一步增加该地区的植被盖度, 将有助于防止土壤贫瘠, 有利于荒漠化防治。

从研究结果来看, 影响土壤热动态变化规律的因素很多, 人为活动、植被类型、地形地貌、天气状况、以及其他微气候环境都直接或间接影响着土壤温度的变化速率和增减趋势。沙土本身的水热状况包括热容量、导热率、导温率以及沙土水分等也与沙土温度有着直接关系。所以, 在进行土壤热动态的研究中, 应从系统的观点出发, 对生态系统进行详细全面的调查, 对土温进行直接观测, 所得出的结论才是充分的、切合实际的。

参考文献:

- [1] 赵羿. 荒漠生态系统土层的热动态研究[J]. 陆地生态译报, 1984(5): 16~ 23
- [2] 刘焯章. 森林生态系统定位研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 108~ 114
- [3] 康文星. 杉木人工林生态系统生物环境的研究 I. 小集水区土壤温度分布[J]. 中南林学院学报, 1989(增刊): 102~ 110
- [4] 南都国, 赵良奇, 王法清. 三江平原潜育土土温与气温的变化规律及其滞后现象的量化研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1995, 8(1): 42~ 45
- [5] 刘文杰, 李红梅. 西双版纳人工雨林土壤温度变化规律[J]. 云南热作科技, 1997, 20(1): 16~ 20
- [6] 张秉刚, 洛伯胜, 卓幕宁, 等. 南亚热带土壤温度动态变化特征及其意义[J]. 热带亚热带土壤科学, 1998, 7(2): 143~ 153
- [7] 杨梅学, 姚檀栋, 丁永建, 等. 藏北高原土壤温度的日变化[J]. 环境科学, 1999, 20(3): 5~ 8
- [8] 耿玉清, 杜建玲, 刘燕. 北京低山区土壤水热状况的研究[J]. 河北林果研究, 2000, 15(1): 10~ 14
- [9] 贺康宁, 王斌瑞, 张光灿. 黄土集水造林地土壤热特性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(3): 27~ 32
- [10] 杨梅学, 姚檀栋, Toshio KOIKE. 藏北高原土壤温度的变化特征[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 13~ 17
- [11] 张继贤. 沙坡头地区风沙土的水热状况. 中国沙漠[J], 1997, 17(2): 154~ 158
- [12] 王辉, 申香, 徐当会. 沙地衬膜对土壤温度的影[J]. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(2): 157~ 161
- [13] 贾保全, 慈龙骏, 蔡体久, 等. 绿洲-荒漠交错带土壤水分变化特征初步研究[J]. 植物生态学报, 26(2): 203~ 208
- [14] 袁家祖. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1991
- [15] 肖辉林. 土壤温度上升与森林衰退[J]. 热带亚热带土壤科学, 1995, 4(4): 246~ 249

Research on Change Characteristics of Sandy Soil Temperature at the Transitional Zone of Oasis-desert in Minqin

CUI Xiang-hui, WANG Bing, GAO Zhi-hai, JI Yong-fu

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China;

2. Desert Control Institute, Gansu Province, Wuwei 733000, Gansu, China)

Abstract: Based on the long-term data and information collected from transitional region between oasis and desert at the transitional belt between Badanjilin desert and Tenggeli desert, research on the soil temperature change characteristics and the influence factors were carried out. Some analysis results were as follows: (1) The sandy soil temperature in different plots of transitional belt had obvious diurnal, seasonal and vertical pattern. (2) Compared with *Tamarix ramosissima* sand dune and *Nitraria tangutorum* sand dune, on the uncovered shifting sand dune, the soil temperature diurnal variation of 5 cm depth was obvious; diurnal change scale was get for 30.4 °C. (3) With the depth increasing, the maximum and minimum of soil temperature was coming to late, and the temperature change range was to decrease. (4) Through grey correlation analysis, major environmental factors affecting the sandy soil temperature were discovered, including vegetation coverage, meteorologic factors, the heat characteristics and moisture condition of sandy soil; the correlative coefficients between soil temperature and sunlight, air temperature, air moisture stress and wind speed were 0.726, 0.833, 0.545 and 0.592 respectively.

Key words: Minqin; sandy soil temperature; oasis-desert