

极端干旱区夏季不同土地类型的小气候特征差异研究

闫人华^{1,2,3}, 熊黑钢^{4,3}, 张芳^{1,3}, 夏英辉^{1,3}

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 南京 210008;
3. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046; 4. 北京联合大学 应用文理学院, 北京 100083)

摘 要:通过对新疆于田县5种不同土地类型的小气候因子进行观测,探讨了不同土地类型气温、地温、相对湿度、风速、蒸发等小气候因子在特征值、逐日变化幅度、垂直变化上的差异性特征。结果表明:①沙漠、戈壁、棉花地、玉米地在气温、地温、风速、蒸发及其逐日变化幅度上依次递减,而相对湿度依次递增。②总体来看,各土地类型(下垫面)风速均随高度的增加而下降,地温则随土层深度的增加而减小,其变化幅度差异明显。除玉米地外,各下垫面越向上,气温越高,相对湿度越大。③5个下垫面的夜间蒸发量较白天迅速减少,尤以绿洲减少比例最大,达到86%。④具有过渡性质的交错带无论是因子特征值,还是垂直变化趋势、幅度均与沙漠、戈壁相似。甚至由于戈壁的海拔相对较高,交错带的特征值和变化幅度高于戈壁,而介于沙漠和棉花地之间。⑤由于自身水份与植被覆盖条件的不同,戈壁、沙漠的气温与相对湿度两因子的相关性较差,而玉米地、棉花地居中,交错带最好。

关键词:极端干旱区;小气候;土地类型;特征;差异

中图分类号:P463.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)04-0149-06

Research on the Micro-climate Characteristic Differences of Different Underlying Surface in the Hyper-arid Zone in Summer

YAN Ren-hua^{1,2,3}, XIONG Hei-gang^{4,3}, ZHANG Fang^{1,3}, XIA Ying-hui^{1,3}

(1. Institute of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046,

China; 2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing

210008, China; 3. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Xinjiang University,

Urumqi 830046, China; 4. College of Arts and Sciences, Beijing Union University, Beijing 100083, China)

Abstract: The eigenvalues including daily variation amplitude, and vertical variation of air temperature, ground temperature, relative humidity, wind speed, and evaporation in 5 different land types were analyzed based on the observation of micro-climate factors. The results indicated that: the air temperature, wind speed, evaporation decrease progressively in the order of desert, gobi, cotton fields, corn fields, however, relative humidity increase gradually in that order. Generally, with the increase of height, wind speed of each surface decreases, and the ground temperature declines in company with depth. Except for maize field, air temperature and relative humidity of each surface become bigger, as the height builds up. Evaporation of five surfaces at night reduces abundantly, particularly the decline proportion of oasis, which is 86%. The ecotone with the transitional nature is similar to the desert, gobi in the climate eigenvalue and its change trend, amplitude. Even because of Gobi's relatively high altitude, the eigenvalue and changes amplitude of factors of ecotone are higher than that of gobi, lying between the desert and cotton field. For instance, the ecotone's air temperature is higher than gobi, cotton field, and lower than desert. Owing to the differences of water and vegetation coverage, the correlation between air temperature and ground temperature of desert, gobi are poorer; the maize and cotton field are in the middle; the ecotone is the best.

Key words: hyper-arid zone; micro-climate; land type; characteristic; differences

收稿日期:2012-12-31

修回日期:2013-01-31

资助项目:国家自然科学基金(41171165,41261049);国家教育部“长江学者和创新团队发展计划”创新团队项目(IRT1180)

作者简介:闫人华(1987—),男,河南安阳人,硕士,主要从事区域可持续发展研究。E-mail:yrh036@163.com

通信作者:熊黑钢(1956—),男,湖南湘乡人,教授,博士生导师,主要从事干旱区研究。E-mail:xhg1956@sohu.com

由下垫面的某些局部特征形成的小气候不仅是生物生长发育最重要的环境因子^[1],而且也直接影响着人类的生产、生活活动,因为大多动物和植物,都是在贴近地面和土壤上层的小范围气候中生长和繁殖的^[2-3]。因此,小气候的研究成为生态学、地理学、大气科学关注的重要研究领域。长期以来,国内外许多学者对农田^[4]、湿地^[5]、草地^[6]、森林^[7-9]等不同土地类型(下垫面)的微气候特征进行了大量的研究,深化了对这些地区的小气候特征及其变化规律的认识。近年来,西北干旱区的沙漠^[10-11]、戈壁^[12]、绿洲^[13-17]等单一下垫面的小气候也日益受到人们的关注。目前,在极端干旱区对不同下垫面小气候差异的对比研究并不多见,尤其是气象气候因素同时、同步的固定观测试验更少。然而只有同时、同步气候数据的获取,才能保证观测数据有较高的可比性和关联性,以揭示不同土地类型(下垫面)之间的差别和相互作用,从而有利于提高干旱区大气环境和气候数值模拟的精度。

新疆于田绿洲属典型的极端干旱区,因人类不合理地开发利用水土资源以及自然因素的影响,导致绿洲在不断的扩展中,荒漠植被种类、数量的减少,交错带宽度变窄、沙漠扩大,生态环境恶化。恢复退化的生态系统,充分利用和保护好其各类资源,促进生态环境向良性转化是急需解决的关键问题。本文对极端干旱区具有代表性的 5 种不同土地利用类型(下垫面)同时进行小气候因子观测,对比分析不同性质下垫面的小气候特征差异,以期为治理荒漠,改善绿洲生态环境提供科学依据。

1 研究区概况

新疆于田县位于塔里木盆地南缘,介于 81°09′—

82°51′E,35°14′—39°29′N,南为雄伟的昆仑山,北临浩瀚的塔克拉玛干大沙漠,东邻民丰县,西接策勒县,北面穿越塔克拉玛干沙漠与阿克苏地区沙雅县接壤,南面与西藏自治区改则县、日吐县相连。南北长约 466 km,东西宽 30~120 km。全年热量丰富、日照充足、光热资源充沛、降水稀少、蒸发量大。年平均气温 11.6℃,>10℃积温 4 208.1℃,7 月平均气温 24.7~26.2℃,1 月平均气温-5.6~-9.2℃,气温年较差 30.5℃,日较差 12.8℃。多年平均降水量 47.7 mm,北部沙漠地带降水量仅为 12 mm,多年平均蒸发量 2 423.1 mm,属于典型的暖温带大陆干旱荒漠气候,并具有典型的绿洲、绿洲—沙漠交错带、戈壁、沙漠等不同下垫面。

2 研究方法

2.1 样地设置

从南部山区至北部的沙漠,选择戈壁—绿洲—交错带—沙漠等典型样地布置 5 个观测点(图 1),其自然环境与植被情况见表 1。为了更好地对绿洲内部进行差异性比较,在绿洲内部的玉米地、棉花地分别设立观测点。前者不仅植被覆盖度高,而且植物的植株高达 200~300 cm,后者高度仅有 40~60 cm。通过对比分析这 5 个下垫面上的小气候变化,探讨极端干旱区不同下垫面的差异性。

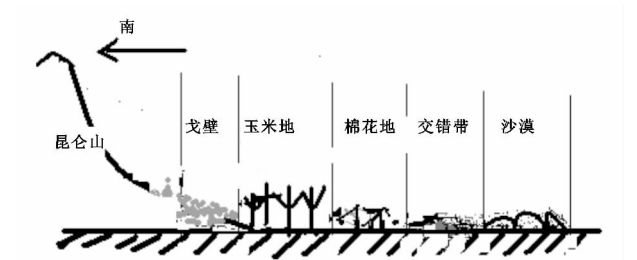


图 1 观测点分布

表 1 不同下垫面的地貌、植被与土壤特征

类型	坡度	主要植物	植被平均 覆盖度	主要土 壤类型	土壤植 物根系	平均土壤 松紧度	平均土壤 孔隙度	平均地下 水位/m
戈壁	坡度陡	昆仑沙拐枣	0.001	棕漠土	0.0	1.0	4.5	53.7
玉米地	坡度较缓	玉米	0.81	灌淤土	3.0	3.1	2.4	5.6
棉花地	坡度较缓	棉花	0.70	灌淤土风沙土	2.9	3.5	2.8	5.8
绿洲—沙漠交错带	坡度平缓	柽柳、芦苇、骆驼刺、胡杨	0.33	风沙土	2.7	2.3	3.0	14.8
沙漠	坡度很小	柽柳、骆驼刺、花花柴	0.03	风沙土	0.5	1.2	3.5	22.3

※注:平均土壤松紧度、孔隙度、土壤植物根系等数值为等级级别,具体划分标准见文献[18]。

2.2 数据采集

于 2000 年 9 月 5—12 日,利用 HOBO 观测仪对 5 个样地的气温、相对湿度、风速、蒸发、地温等小气候因子进行同步观测。其中,气温、相对湿度、风速探头分为 5 个高度(0,50,100,150,200 cm)观测;地温分 0

cm(地表),5,10,15,20,40 cm 六层布设。每天的观测时间为 6:00—22:00,每隔 2 h 进行一次数据采集。蒸发选用小型蒸发皿,早、晚 8:00 各观测一次。利用 SPSS 统计分析软件、DPS 数据处理系统对野外所采集的数据进行整理和分析。

3 结果与分析

3.1 不同下垫面的气温特征比较

3.1.1 日平均气温 不同下垫面之间的日平均气温存在明显的差异(图 2),表现为玉米地<棉花地<戈壁<交错带<沙漠。绿洲植被众多,能吸收大量的太阳辐射能量进行光合作用,并且较高的植被覆盖遮挡阳光,对太阳辐射有很强的反射、散射作用,也不利于大气对地表的长波辐射,因此,绿洲区近地表的气温较低,而且覆盖度较高的玉米地温度低于覆盖度低的棉花地,是棉花地的 98%。与此相反,沙漠下垫面的砂质地表吸收太阳辐射的能力很强,使得地表温度迅速升高释放大量的辐射能量到地表空气中,致使沙漠区的气温较高,达到 21.78℃,是棉花地的 1.20 倍。性质上介于沙漠与绿洲之间的交错带具有过渡性,导致其气温高于绿洲下垫面而低于沙漠下垫面。由于被测的戈壁地区位于山麓处,海拔较高,温度低于交错带,是交错带的 97%。

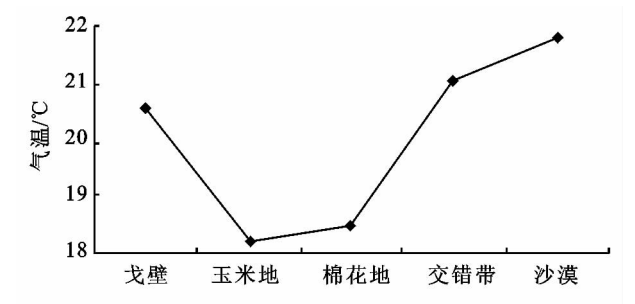


图 2 不同下垫面日平均气温比较

3.1.2 气温逐日变化幅度 通过对各下垫面的气温逐日变化曲线添加趋势线,计算出变化率,结果(表 2)显示,各下垫面气温变化斜率绝对值为:沙漠>交错带>戈壁>棉花地>玉米地。绿洲内部的玉米地变化率绝对值最小,说明该地区气温逐日变化幅度最小,仅为 0.45,从而营造出了适宜动、植物生存生长的稳定温度环境。沙漠的气温逐日变化幅度最大,达到 1.02,是玉米地的 2.27 倍,大部分生物难以适应这样剧变的气温,因此不利于有机生命的活动。这些差异主要是由于地表物质的比热差异以及植被覆盖度的不同引起的。

表 2 不同下垫面气温逐日变化趋势分布

下垫面	趋势线公式	斜率
戈壁	$y = -0.5029x + 22.798$	-0.5029
玉米地	$y = -0.4510x + 20.237$	-0.4510
棉花地	$y = -0.4838x + 20.668$	-0.4838
交错带	$y = -0.6937x + 24.201$	-0.6937
沙漠	$y = -1.0165x + 26.340$	-1.0165

3.1.3 气温垂直变化特征 沙漠、戈壁、交错带、棉

花地、玉米地 5 个下垫面气温的垂直变化特征是:变化趋势相似,变化幅度不同(图 3)。在变化趋势上,沙漠、戈壁、交错带及棉花地气温都随着高度的上升而降低,并且均在 0~50 cm 之间变化很大,往上缓慢降低。因为地面的长波辐射是近地表空气热量的主要来源,上层空气离地面越远,接收到的长波辐射能量越少,气温也就越低。在变化幅度方面,下垫面的植被覆盖度越大,变化幅度越小。沙漠、戈壁、交错带由于下垫面光秃单一,变化幅度分别达到 2.62,3.41,2.78℃;玉米地(株高 200~300 cm)不仅变化幅度小,而且越向上气温越高,150,200 cm 高度的温度分别比地表温度高 0.07,0.03℃,主要是因为下部玉米枝叶稠密,对太阳辐射遮挡作用强,而到顶部稀疏,接收热量多,温度高于地表。棉花地植被覆盖度虽然很高,但因其植株矮小,地表温度仍然高于上部。

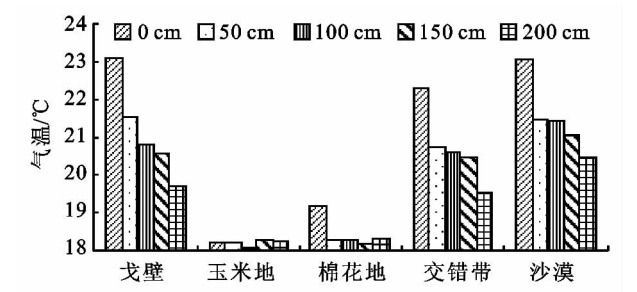


图 3 不同下垫面各层平均气温垂直变化

3.2 不同下垫面的相对湿度特征比较

3.2.1 日平均相对湿度 玉米地、棉花地、交错带、戈壁及沙漠的日平均相对湿度差异明显,呈现出植被覆盖度越大,相对湿度越大的趋势(图 4)。玉米地分别为后四者的 1.05 倍、1.36 倍、1.85 倍、1.57 倍。玉米地、棉花地下垫面与其他三者的差别在于一方面它们受到了人类灌溉、耕作等活动的影响,地表具有较多的水分,且土壤结构较好,保水、涵水能力强;另一方面,绿洲植被众多,滞水、持水能力强,且植物蒸腾旺盛,造成其相对湿度最高。具有过渡性质的交错带虽然植被覆盖少,但由于靠近绿洲,相对湿度也较高。而在沙漠和戈壁区,其裸露的砂砾质地表涵水能力差,水分容易流失,导致地表及浅层土壤水分稀少,相对湿度较低,其中沙漠地区由于地下水位相对较浅,其湿度为戈壁的 1.17 倍。对比图 1 和图 4 可知,日平均气温和湿度呈负相关,经计算,相关系数达 -0.869,相关性水平显著。

3.2.2 相对湿度逐日变化幅度 在变化幅度方面,玉米地>棉花地>交错带>沙漠>戈壁,总体表现出:其相对湿度基数越大,变化幅度则越大(表 3)。玉米地、棉花地与交错带的变化率较大,而且较接近,分别为 0.83,0.52,而戈壁、沙漠却与前三者截然不同,

一直都保持在一个较低的水平上,分别是玉米地的 49%,36%,这与戈壁、沙漠的水份稀缺、下垫面性质简单紧密相关。

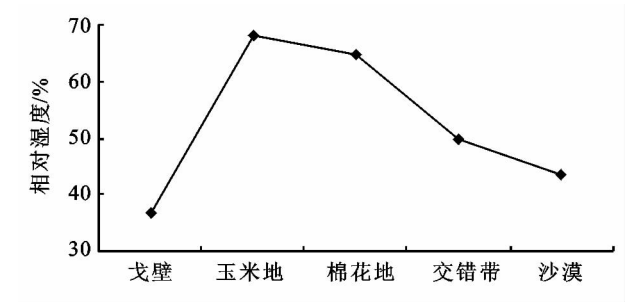


图 4 不同下垫面日平均相对湿度

表 3 不同下垫面相对湿度逐日变化趋势分布		
下垫面	趋势线公式	斜率
戈壁	$y = -0.4117x + 38.748$	-0.4117
玉米地	$y = 0.8319x + 64.530$	0.8319
棉花地	$y = 0.5224x + 62.373$	0.5224
交错带	$y = 3.1969x + 35.421$	3.1969
沙漠	$y = 0.1482x + 42.576$	0.1482

3.2.3 相对湿度垂直变化特征 与植被覆盖度一致,下垫面各高度的相对湿度值均体现为玉米地最大,棉花地、交错带、沙漠依次减小,戈壁最小(图 5)。在变化趋势上,表现为随着高度的增加,棉花地、玉米地的相对湿度逐渐减少,200 cm 处相对湿度分别比地表减少了 6.27%,8.43%。而沙漠、交错带则有所增加,200 cm 处相对湿度比地表分别增加了 3.52%,7.11%,并且它们与棉花地、玉米地的差距随高度的增加在减小,这可能与绿洲—荒漠环流的高度相关。

在变化幅度上,玉米地在 0—100 cm 范围内相对湿度变化甚微,因为玉米植株在这一高度范围内枝叶稠密,温度变化小,风速小,相对湿度变化小,超过 100 cm 处受到风等因素的影响,相对湿度有所降低。而棉花地由于棉花高度约为 50 cm,在 0—50 cm 处变化较小。戈壁的相对湿度则随高度在 27%~37%之间出现摇摆式变化,交错带则随高度有小幅增加。

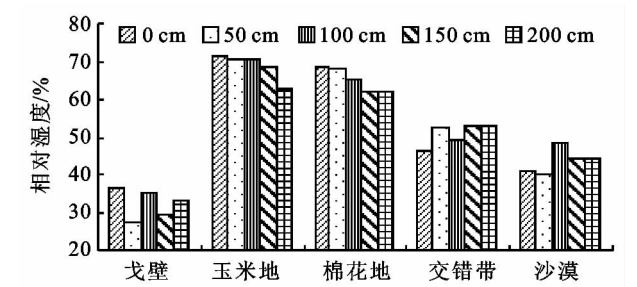


图 5 不同下垫面各层日平均相对湿度变化

3.3 不同下垫面的气温与湿度相关性

虽然各下垫面的气温与湿度均呈现出负相关,但相关系数及显著水平却有较大差异(表 4)。戈壁、沙

漠的相关系数绝对值较小,显著性水平极低,分别仅为-0.29,-0.421。由于它们的土壤水分含量少,使得其蒸发量较小,空气水分奇缺,无论气温的增减,相对湿度的变化都不大,因此相关性不高。其中沙漠相对于戈壁而言,地下水埋藏浅,蒸发量相对较大,空气水分高,易受温度的影响,出现湿度的增减,因而相关性大于戈壁。玉米地、棉花地、交错带的的相关系数绝对值较大并依次递增,分别为-0.7,-0.722,-0.984,显著性水平也呈递增趋势。这三种下垫面地下水位埋深较浅,土壤水分都比较多。其中,交错带较其他两者植被稀疏,地表空旷,使得温度增减直接引起蒸发量的剧烈变化,从而造成其湿度与气温的相关性较高。而玉米地、棉花地由于植被覆盖度好,水分充足。当气增高时,由于植被的遮挡作用影响土壤蒸发和植被蒸腾的进行,使得实际水汽压对气温变化的响应有一定的滞后性,进而影响到湿度与气温的相关性,使其值小于交错带。

表 4 不同下垫面气温与湿度相关系数及其显著性水平					
项目	戈壁	沙漠	玉米地	棉花地	交错带
相关系数	-0.29	-0.421	-0.7	-0.722	-0.984
显著性水平	0.486	0.299	0.053	0.043*	0.001**

注: * 代表 $p < 0.05$, 较为显著; * * 代表 $p < 0.01$, 极其显著。

3.4 不同下垫面的风速特征比较

3.4.1 日平均风速 沙漠、戈壁、交错带风速相差小且远大于玉米地、棉花地,这五者的平均风速分别为 2.18,1.71,1.42,0.34,0.46 m/s(图 6)。这一结果与下垫面性质密切相关,绿洲由于其复杂的地表结构,较高的植被覆盖度和较高大的植株,使其对空气的摩擦作用较强,不利于近地面空气的运动,所以该下垫面的风速小于沙漠、戈壁与交错带下垫面,又因玉米地比棉花地植株高大,对风的阻碍更大,因此玉米地的风速小于棉花地 26%。沙漠、戈壁地表开阔,利于空气的流动,风速分别是玉米地的 6.41 倍、5.02 倍;而交错带虽然有植被,但是其数量少,分布稀疏并且植株矮小,对风的阻挡作用微弱,所以它与沙漠、戈壁下垫面的风速都较大,且三者相差不大。

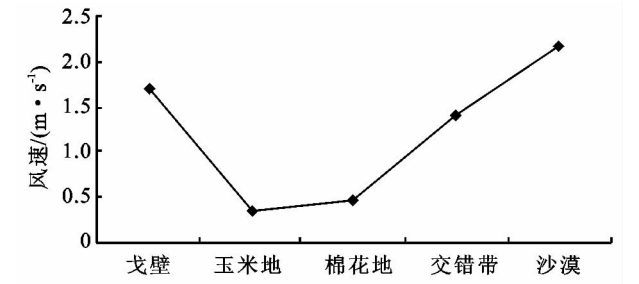


图 6 不同下垫面日平均风速

3.4.2 风速逐日变化幅度 各下垫面变化斜率绝对

值为:沙漠>戈壁>交错带>棉花地>玉米地(表5)。沙漠和戈壁由于地表单一光秃利于空气的流动,风速的变化只受不稳定的大气候环境的影响,因而变幅较大,达到0.19,0.08,分别比玉米地地区高出18.7%,8.1%。交错带植被分布稀疏,对风的阻挡作用微弱,变幅也较大,为0.037 2。绿洲由于其内部景观空间分布的复杂性,对风的影响较大,导致其变幅小,玉米地和棉花地变化幅度相似,棉花地仅比玉米地高0.25%。这些都说明了绿洲在为生物生存提供较为稳定的气流环境方面起了独特作用。

表5 不同下垫面风速逐日变化趋势斜率分布		
下垫面	趋势线公式	斜率
戈壁	$y=0.0819x+1.3434$	0.0819
玉米地	$y=0.0010x+0.3427$	0.0010
棉花地	$y=-0.0035x+0.4775$	-0.0035
交错带	$y=-0.0372x+1.5922$	-0.0372
沙漠	$y=-0.1876x+3.0265$	-0.1876

3.4.3 风速垂直变化特征 沙漠、戈壁、交错带及玉米地、棉花地下垫面在50~200 cm高度的日平均风速均是沙漠>戈壁>交错带>棉花地>玉米地,并且都随着高度的上升而逐渐增加,但变化幅度不同(图7)。其中,交错带变化最大,其风速增加值为0.57 m/s,沙漠、戈壁、棉花地次之,分别为0.50,0.35,0.31 m/s,玉米地增加最小,仅0.06 m/s。棉花地0—50 cm风速小于玉米地,这是由于棉花地在0—50 cm的稠密度要高于玉米地,大大削弱了地表空气运动。

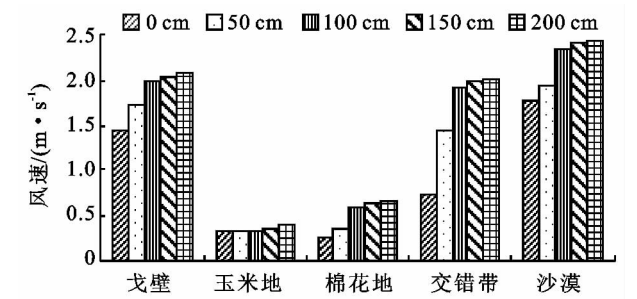


图7 不同下垫面风速垂直变化

五种下垫面在0—100 cm的高度上,风速增加幅度均较大,尤其以棉花地最为明显,其风速增加了222.51%,这是由于棉花地地表风速基数最小,而到50 cm高度后则超过了棉花的生长高度,阻挡作用迅速减弱,风速增加较快。交错带、戈壁和沙漠次之,增加百分比分别为166.78%,37.93%,31.39%,其原因是交错带和沙漠、戈壁植被覆盖较少,地表光秃单一,对空气摩擦力小,风速变幅较大;而在玉米地,其稠密的植被覆盖阻碍作用很强,十分不利于气流的运动,且100 cm范围内仍为玉米的主体高度,导致风速的

变化幅度最小,仅增加了3.02%。

3.5 不同下垫面的地温特征比较

3.5.1 日平均地温 沙漠、戈壁、交错带的日平均地温差距较小,均<1℃,且它们远高于棉花地、玉米地的平均地温(图8),其中沙漠为26.2℃,分别是棉花地和玉米地的1.26倍、1.35倍。其原因一方面是,前三者特别是沙漠、戈壁地表主要是砂砾质物质,比热容小,吸收同样的热量,地温增幅较大;另一方面,这三者地面光秃,地表直接接收了太阳辐射,使地面迅速升温,并将能量向下传递,致使地温较高。而绿洲地表则与之相反。

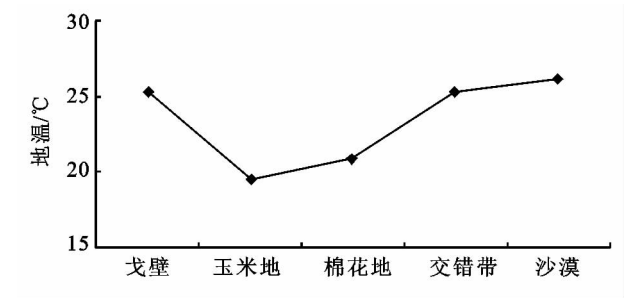


图8 不同下垫面日平均地温

3.5.2 地温逐日变化幅度 表6显示,各下垫面变化率绝对值为:玉米地<棉花地<交错带<戈壁<沙漠。绿洲地区远低于交错带、戈壁、沙漠,其中玉米地分别为后者的46%,37%,33%。绿洲地区一方面由于植被覆盖度较高,对太阳辐射有一定的反射、吸收作用,削弱了其对地表的直接影响,并对地面长波辐射有一定的阻挡作用,影响地表与外界能量的直接交换;另一方面,绿洲地表物质比热容较大,地温变化缓和,不易受外界突变大气环境的影响,因此玉米地、棉花地的变化率绝对值分别仅为0.256,0.354 9。而沙漠、戈壁由于地表光秃裸露,比热容较小,直接受外界不稳定大气环境的影响,地温易出现较大幅度变化。

表6 不同下垫面地温逐日变化趋势斜率分布		
下垫面	趋势线公式	斜率
戈壁	$y=-0.6843x+28.403$	-0.6843
玉米地	$y=-0.2562x+20.595$	-0.2560
棉花地	$y=-0.3549x+22.394$	-0.3549
交错带	$y=-0.5584x+27.841$	-0.5584
沙漠	$y=-0.7765x+29.706$	-0.7765

3.5.3 地温垂直变化特征 在变化趋势上,五种下垫面地温的垂直分布均以地表的温度最高,而后随着土层深度的增加而降低(图9)。由于下层土壤的主要热源是地表,深度越大,所获得的能量越少,地温也就越低。在0—10 cm各下垫面地温变化幅度较大,戈壁、交错带、棉花地、玉米地、沙漠降低温度百分比分别为8.03%,4.63%,11.30%,13.31%,10.30%,而

在 10—40 cm 各温度增减百分比仅为 2.01%，0.77%，1.22%，3.81%，8.72%。主要是因为土壤到达一定深度后(10 cm)，因受地表温度影响微弱，地温变化幅度减小，较稳定。

沙漠、戈壁与交错带地温相差小，变化趋势相近，而且都远大于棉花地、玉米地同深度层的温度，这与戈壁、交错带地表温度高，向下传递的热量多有直接关系。

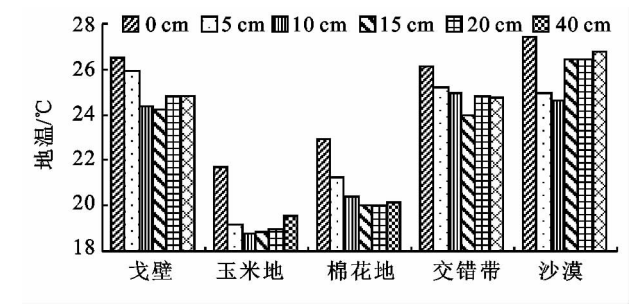


图 9 不同下垫面地温的垂直变化

3.6 不同下垫面的蒸发特征比较

3.6.1 日平均蒸发特征 各下垫面的多日平均蒸发量为：沙漠>交错带>戈壁>棉花地>玉米地，其中蒸发量最大的沙漠是蒸发量最小的玉米地的 5.5 倍，差距较大(图 10)。温度、风以及地表性质差异是影响蒸发的三大因素。沙漠、戈壁地表空旷，地表气温高，风速大，利于蒸发的进行。而绿洲植被覆盖度高，内

部结构复杂，与其它三者相比，温度低，风速小，所以其蒸发量少。交错带植被覆盖较少，植株高度较低，其下垫面性质与沙漠、戈壁相似，所以蒸发也很强烈，比玉米地、棉花地分别多 6.70,4.77 mm。

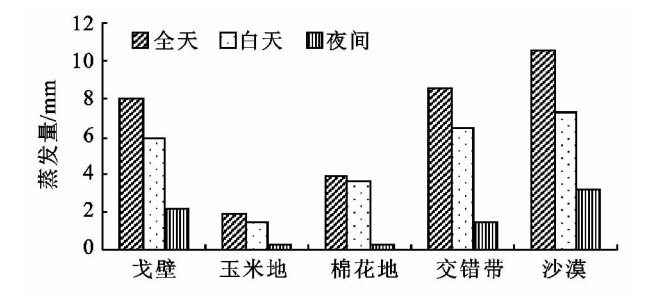


图 10 不同下垫面的蒸发特征值

3.6.2 昼夜变化特征 各下垫面的白天蒸发量远大于夜间蒸发量，戈壁、玉米地、棉花地、交错带、沙漠昼夜蒸发量比值分别为：2.74,5.28,12.28,4.59,2.30(图 10)。夜间由于气温下降，各下垫面的蒸发都有所减弱，其中玉米地和棉花地下降率达到 81%，91%，甚至蒸发量接近于 0。而沙漠、戈壁、交错带由于其地表空旷，风速较大，蒸发量仍然较大。

4 结论

将因土地类型的性质差异而引起的各小气候因素特征值及其变化幅度列入表 7。

表 7 不同下垫面小气候因子特征值及其变化幅度

项目		戈壁	玉米地	棉花地	交错带	沙漠
气温/℃		20.57	18.21	18.49	21.08	21.77
气温逐日变化率		−0.50	−0.45	−0.48	−0.69	−1.02
相对湿度/%		36.90	68.27	64.79	49.84	43.24
相对湿度逐日变化率		−0.41	0.83	0.52	3.20	0.15
风速/(m・s ^{−1})		1.71	0.34	0.46	1.42	2.18
风速逐日变化率		0.08	0.00	0.00	−0.04	−0.19
地温/℃		25.32	19.44	20.80	25.33	26.20
地温逐日变化率		−0.68	−0.26	−0.35	−0.56	−0.78
蒸发量/mm	全天	8.04	1.92	3.84	8.61	10.51
	白天	5.98	1.43	3.58	6.49	7.28
	夜间	2.18	0.27	0.29	1.41	3.16

由表 7 可知，植被覆盖较好的玉米地和棉花地的气温、风速、地温等气候因子及其变化幅度都最低，而相对湿度最高，蒸发最低，这都说明了在西北内陆的极端干旱背景下，绿洲在降温、保水、耐旱、防止风沙等方面起着独特的作用，为生物的生长发育提供了一个良好的、较为稳定的生态环境，成为极端干旱区大多数生物的最佳栖息地。

由于下垫面的光秃单一，沙漠和戈壁的各气候因子及其变化幅度都极为相似，是气温较高、风速较大、蒸发强烈、湿度最低的地区。并且气温、风速、地

温等因子的变化幅度较大，气候环境不稳定，不利于生产生活。交错带由于植被稀疏，植株矮小，其各因子的特征值及其变化趋势与沙漠、戈壁相似。

参考文献：

- [1] 张一平,刘玉洪,马友鑫,等. 热带森林不同生长时期的小气候特征[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2002,26(1):83-87.
- [2] 王健,桑长青,何清. 塔克拉玛干沙漠公路中段两侧不同下垫面的小气候分析[J]. 中国沙漠,2003,23(5):577-580.

[7.61 t/(hm² · a)]>白杆[7.29 t/(hm² · a)]>白皮松[5.03 t/(hm² · a)]>华山松[4.82 t/(hm² · a)]>山杨[2.19 t/(hm² · a)]>侧柏[2.06 t/(hm² · a)]。与冯宗炜^[8]等的研究相比,白杆、油松、华山松的生物量和生产力以及侧柏的生产力较高,而山杨的生物量和生产力以及侧柏的生物量较低。这是由研究区立地条件、林木密度不同等多方面因素造成的。树叶的生物量和净生产力均是最小的。

参考文献:

[1] Lv X T, Yin J X, Jepsen M R, et al. Ecosystem carbon storage and partitioning in a tropical seasonal forest in Southwestern China[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 260(10): 1798-1803.

[2] 刘玉萃, 吴明作, 郭宗民, 等. 内乡宝天曼自然保护区锐齿栎林生物量和净生产力研究[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1450-1456.

[3] 曾慧卿, 刘琪璟, 冯宗炜, 等. 红壤丘陵区林下灌木生物量估算模型的建立及其应用[J]. 应用生态学报, 2007, 18(10): 2185-2190.

[4] 李晓娜, 国庆喜, 王兴昌, 等. 东北天然次生林下木树种生物量的相对生长[J]. 林业科学, 2010, 46(8): 22-32.

[5] 冯志立, 郑征, 张建侯, 等. 西双版纳热带湿性季节雨林生物量及其分配规律研究[J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 481-488.

[6] 温远光, 梁乐荣, 黎洁娟, 等. 广西不同生态地理区域杉木人工林的生物生产力[J]. 广西农学院学报, 1988, 7(2): 55-66.

[7] 叶绍明, 郑小贤, 杨梅, 等. 尾叶桉与马占相思人工复层林生物量及生产力研究[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(3): 37-44.

[8] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

.....

(上接第 154 页)

[3] 邓艳, 蒋忠诚, 蓝芙宁, 等. 拉典型峰丛洼地生态系统中青冈林群落的小气候特征比较[J]. 广西科学, 2004, 11(3): 236-242.

[4] 方文松, 朱自玺, 刘荣花, 等. 秸秆覆盖农田的小气候特征和增产机理研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 123-128.

[5] 张颖, 郑西来, 伍成成, 等. 辽河口芦苇湿地蒸散试验研究[J]. 水科学进展, 2011, 22(3): 351-358.

[6] 杨恒山, 刘江, 张宏宇, 等. 不同播种方式下苜蓿与无芒雀麦人工草地的小气候特征分析[J]. 中国农业气象, 2009, 30(2): 175-179.

[7] 王岩, 魏忠平, 潘文利, 等. 辽河三角洲泥质海岸防护林小气候效益研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 65-73.

[8] 吴力立. 城市森林小气候对中气候波动的响应[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(2): 43-46.

[9] 张明如, 陈建新, 俞蘸武, 等. 浙西山地森林小气候变化特征及其对休闲旅游活动的影响[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(1): 13-18.

[10] 司建华, 冯起, 张小由, 等. 荒漠河岸林胡杨和怪柳群落小气候特征研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(5): 668-674.

[11] 魏丰良, 刘廷玺, 张圣微, 等. 科尔沁沙地植被覆盖变化

及其与气候因子的关系研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 254-258.

[12] 左洪超, 胡隐樵. 黑河地区绿洲和戈壁小气候特征的季节变化及其对比分析[J]. 高原气象, 1994, 13(3): 246-254.

[13] 张强, 周毅. 敦煌绿洲夏季典型晴天地表辐射和能量平衡及小气候特征[J]. 植物生态学报, 2002, 26(6): 717-723.

[14] 徐丽萍, 杨改河, 冯永忠, 等. 黄土高原人工植被对局地小气候影响的效应研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 170-179.

[15] 谢余初, 巩杰, 赵彩霞, 等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应: 以甘肃省金塔县为例[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 165-170.

[16] 丁建丽, 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 新疆于田绿洲-荒漠脆弱带时空演变及其调控方法研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(4): 70-73.

[17] 冯起, 司建华, 张艳武, 等. 极端干旱地区绿洲小气候特征及其生态意义[J]. 地理学报, 2006, 61(1): 99-108.

[18] 熊黑钢, 韩茜. 新疆绿洲可持续发展研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 120-122.