

曹永香,毛东雷,蔡富艳,等.新疆策勒绿洲化进程中典型下垫面的小气候空间差异[J].中国沙漠,2020,40(6):180-189.

新疆策勒绿洲化进程中典型下垫面的小气候空间差异

曹永香¹,毛东雷^{1,2},蔡富艳³,王雪梅¹,
开买尔古丽·阿不来提¹,苏松领¹

(1.新疆师范大学 地理科学与旅游学院/新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830054; 2.中国科学院新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011; 3.乌鲁木齐职业大学 应用工程学院,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 利用2010年10月1日至2011年9月30日新疆策勒8个观测站点的风速、气温、大气相对湿度、太阳辐射能、光合有效辐射(PAR)、风向同步观测气象数据,对比分析不同下垫面的小气候空间差异并探讨其原因。结果表明:(1)草原站、农田1、大县城与热瓦克相比,日均风速在3 m高处分别依次降低了63.88%、65.58%、73.24%,小巴扎在2、4 m高处的日均风速始终最小,绿洲内部的月均风速整体低于绿洲外围。流沙地、半固定沙地、固定沙地的主风向大致以WNW、ESE、W风向为主,风向较稳定,而其余观测点的风向较分散;(2)在近12个月观测期内,绿洲内部的平均气温低于绿洲外围,且具有明显的冬暖夏凉效应,冬季1月平均气温由低到高依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、农田1、草原站、小巴扎、热瓦克、大县城,分别为-10.39、-10.25、-10.08、-9.56、-9.25、-9.19、-8.74、-8.71℃,夏季8月平均气温由高到低依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、农田1、小巴扎、大县城,分别为26.55、26.11、25.41、25.09、24.06、22.89、22.36、22.33℃;(3)半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、大县城、小巴扎、农田1在2 m高处的日均大气相对湿度与流沙地相比,依次增加了0.29%、6.67%、7.94%、14.37%、28.99%、30.39%、30.69%,不同下垫面的月均相对湿度空间差异与日均变化的空间差异基本一致;(4)在近12个月的观测期内,太阳辐射能和PAR的变化趋势整体一致,半固定沙地的日均、月均太阳辐射能和PAR始终最高,绿洲-沙漠过渡带的太阳辐射能和PAR整体高于绿洲内部。(5)在春季沙尘暴日,半固定沙地、固定沙地、小巴扎在2 m高处的日平均风速与流沙地相比,分别依次降低了25.75%、27.05%、46.93%,热瓦克、草原站、农田1、大县城的日平均风速依次为3.12、1.38、1.38、0.93 m·s⁻¹。绿洲内部的平均温湿度、太阳辐射能和PAR整体均大于绿洲外围。绿洲内部绿洲化程度较高,绿洲化对其局地小气候效应强,所以在春季沙尘暴日,绿洲内部增温增湿效果相对较好。绿洲开垦年限越长,植被覆盖度愈大,在夏季其降温增湿的效果越显著。

关键词: 绿洲化; 绿洲-沙漠过渡带; 小气候; 植被覆盖度; 策勒县

文章编号: 1000-694X(2020)06-180-10

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00077

中图分类号: P404

文献标志码: A

0 引言

小气候指因局部下垫面条件影响而形成的与大气气候不同的贴地层和土壤上层气候^[1],可定量地反映沙漠化环境的退化程度和沙漠化过程中反馈作用的强度^[2]。绿洲化是干旱区由于人与自然因素共同作用所导致的由荒漠向绿洲的转变过程,能使

生态环境得到改善的同时提高土地生产力^[3];荒漠化是包括气候变异和人类活动在内的各种因素作用下,干旱、半干旱和亚湿润干旱区的土地退化^[4]。空间小气候在不同下垫面性质下表现特征不同,姚玉璧等^[5]指出西北半干旱区气候趋于暖干化。绿洲具有系统性、对水的依赖性、脆弱性、演化性等本质

收稿日期:2020-06-12; **改回日期:**2020-08-19

资助项目:教育部人文社会科学规划基金项目(18YJAZH064);新疆师范大学人文社会科学重点研究基地丝绸之路经济带城市发展研究中心招标课题(XJNURWJD2019A06);新疆师范大学“十三五”校级重点学科地理学招标课题(17SDKD0701)

作者简介:曹永香(1995—),女,云南昭通人,硕士研究生,主要从事风沙地貌及荒漠化防治方面的研究。E-mail: 1298668601@qq.com

通信作者:毛东雷(E-mail: donglei6325@sina.com)

特性,绿化带具有增加绿地中心湿度的作用,植被对风速有明显的减弱作用,荒漠与绿洲之间存在着明显的气候差异^[6-8]。许多研究证实了干旱区地下水环境的变化对脆弱生态环境产生影响,并与沙漠化过程、盐渍化过程的关系十分密切^[9-13]。王敏仲等^[14]发现南疆沙漠腹地夏季沙尘日的总辐射、感热通量比晴天明显要小,向下长波辐射却大于晴天。新疆是典型的干旱区绿洲生态环境,而南部和田地区的策勒县地理环境更加恶劣,社会生态经济系统极其脆弱。诸多学者研究了策勒绿洲-沙漠过渡带的风、地下水、输沙及动力环境等因素对该区环境的影响^[15-17],在改善该区绿洲生态环境方面提出许多科学建议。毛东雷等^[18-20]研究了新疆策勒绿洲-沙漠过渡带不同下垫面的风场特征、大气降尘时空分布特征以及典型下垫面小气候的空间变化,得出绿洲外围和绿洲内部风向不同,植被类型、植被覆盖度和地形等是影响不同下垫面风场特征的主要因素、植被的覆盖度和高度及农田绿洲化程度会对大气降尘产生重要影响等结论。以往研究者多基于下垫面环境的单一地理要素进行研究,分析其变化的原因机制以及指明其在绿洲小气候变化中的作用。维护绿洲的稳定和持续发展能有效改善新疆绿洲地区的土地荒漠化和干旱化环境问题,目前,基于绿洲化进程对绿洲内部与绿洲-沙漠过渡带不同下垫面小气候的空间变化特征及差异方面的研究还较少。本文以新疆策勒县为研究区,分析从绿洲-沙漠过度带到绿洲内部不同下垫面的小气候要素变化,探讨在绿洲化进程中不同下垫面环境的小气候差异并分析其原因,以期能为保护和改善该区绿洲生态环境提供一定理论依据和科学支撑。

1 研究区概况

策勒县位于塔克拉玛干沙漠南缘与昆仑山北麓之间绿洲带的中部地区,地理位置 $35^{\circ}17'55''$ — $39^{\circ}30'00''$ N、 $80^{\circ}03'24''$ — $82^{\circ}10'34''$ E,南部为昆仑山区,中部地势平坦,为砾漠与冲积平原,地势南高北低,海拔1 050~6 846 m^[21],多年平均降水量35.1 mm,年潜在蒸发量约2 600 mm,极端最高气温41.9℃,极端最低气温-23.9℃^[22]。由于地处塔里木盆地两大主导风向(NW,NE)的下风区域,风沙灾害频繁,多年平均沙尘日数25.2 d,最长达59 d,每年8级以上大风3~9次^[23],严重威胁到当地人们的生产生活。

该区植被覆盖率普遍在30%以下,自然生态系统十分脆弱,是一个典型的绿洲-沙漠生态系统,它的形成和发展完全依赖于发源于昆仑山北麓的策勒河。绿洲-沙漠过渡带保护着绿洲免受风沙的危害,大部分位于策勒县西、北、东方向^[24]。

2 方法与材料

2010年10月1日至2011年9月30日布置8个气象观测站(HOBOU30,美国ONSET公司)对策勒绿洲内部和绿洲-沙漠过渡带的小气候气象要素进行同步对比试验观测,运用统计法和同步对比法来分析不同下垫面的小气候要素变化特征,进而探讨在绿洲化进程中空间小气候的变化规律。热瓦克、草原站、农田1、大县城、小巴扎位于绿洲内部,其中热瓦克紧邻绿洲-沙漠过渡带,草原站靠近戈壁。流沙地、半固定沙地、固定沙地位于绿洲-沙漠过渡带上(图1)。根据8个观测站点的相对地理位置以及开垦年限来突出绿洲演化的过程,通过分析绿洲内部与绿洲-沙漠过渡带不同下垫面的小气候特征,来探讨绿洲化进程对不同下垫面空间小气候的影响,具体下垫面情况见表1。分别测定热瓦克、草原站、农田1、大县城3 m高度的风速、风向(剔除静风)和流沙地、半固定沙地、固定沙地、小巴扎0.5、1、2、4、8 m高度的风速和10 m高度的风速、风向(剔除静风),拟合此6层高度的月均风速廓线为对数函数关系,计算出在3 m高度的月均风速。测定8个气象站2 m高度的气温、大气相对湿度(RH)以及1.5 m高度的太阳辐射能和光合有效辐射能。温湿度传感器测量范围分别为-40~+70℃/0~100%,精度分别为 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}/\pm 3\%$,分辨率分别为 $0.02^{\circ}\text{C}/-0.1\%$,

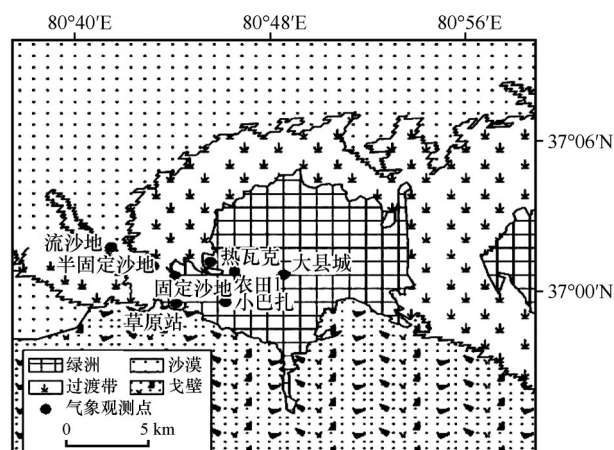


图1 策勒气象观测站点区位图

Fig.1 Positions of meteorological observation station in Cele

表 1 8 个观测站点的下垫面概况

Table 1 Overview of the underlying surface of the eight observation stations

站点	植被状况及开垦年限	地貌特征
流沙地(37°02′37″N,80°40′53″E)	怪柳、盐生草,覆盖度 3%	流沙地,地势较平坦,分布有怪柳沙堆
半固定沙地(37°01′47″N,80°42′32″E)	怪柳、骆驼刺、花花柴,覆盖度 27%	半固定沙地,地势起伏较大,有怪柳等沙堆分布
固定沙地(37°01′20″N,80°43′25″E)	骆驼刺、盐生草,覆盖度 67%	固定沙地,地势较平坦
热瓦克(37°01′34.9″N,80°45′07.3″E)	红枣(稀疏)、红枣根旁有大豆、西瓜,开垦 2 年左右	绿洲内部,为平沙地
草原站(37°00′21.7″N,80°43′14.7″E)	新疆杨、棉花,外围有栅栏防护林,开垦 15 年以上	绿洲内部,为平沙地
农田 1(37°01′01.1″N,80°45′40.6″E)	核桃、棉花,有防护林,开垦 30 年以上	绿洲内部,为平沙地,
小巴扎(37°00′12.55″N,80°45′23.65″E)	棉花、石榴,覆盖度 80% 以上,下风向有民房,开垦 50 年以上	绿洲内部,为平沙地
大县城(37°00′48.0″N,80°47′26.6″E)	棉花,旁有核桃、杏树,上风向有民房,开垦 100 年以上	绿洲内部,为平沙地

总辐射传感器测量范围为 0~1 280 W·m⁻²,精度为 ±10 W·m⁻²,分辨率为 1.25 W·m⁻²。风速传感器测量范围 0~45 m·s⁻¹,精度为 ±1.1 m·s⁻¹,分辨率为 0.38 m·s⁻¹。所有观测项目均为全天候观测,春、夏、秋季每 1 s 自动记录 1 次、平均 1 min 间隔采集 1 次气象数据,冬季平均 5 min 间隔采集 1 次,可以进行各气象站的平行对比试验,由于传感器故障,缺失少部分气象数据。选取春季典型沙尘暴天气 2011 年 3 月 12 日,对空间小气候要素进行对比分析,所有 8 个下垫面的气象数据观测时间间隔一致,数据采集所用时间均为北京时间。

3 结果与分析

3.1 典型下垫面小气候要素月变化

3.1.1 风速的月变化特征

在 3 m 高处,冬季 1 月的平均风速由大到小依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、大县城、热瓦克、农田 1、小巴扎、草原站,分别为 0.67、0.66、0.54、0.52、0.50、0.44、0.39、0.35 m·s⁻¹,夏季 8 月平均风速由大到小依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、小巴扎、农田 1、大县城,分别为 2.24、1.32、1.23、0.98、0.24、0.12、0.11、0.07 m·s⁻¹,绿洲内部的平均风速整体低于绿洲外围(图 2)。在近 12 个月的观测期内,8 个下垫面的月均风速在秋冬季节空间差异较小,而在春夏季节绿洲-沙漠过渡带和热瓦克的月均风速远远大于绿洲中心内部,空间差异较大。由于秋冬季节的气流相对稳定,各下垫面地表植被覆盖度均较小,因此风速的空间差异小,而春夏季节冷暖气团活跃,多大风天气,但草原站、小巴扎、农田 1、大县城的开垦时间较长,春夏季植

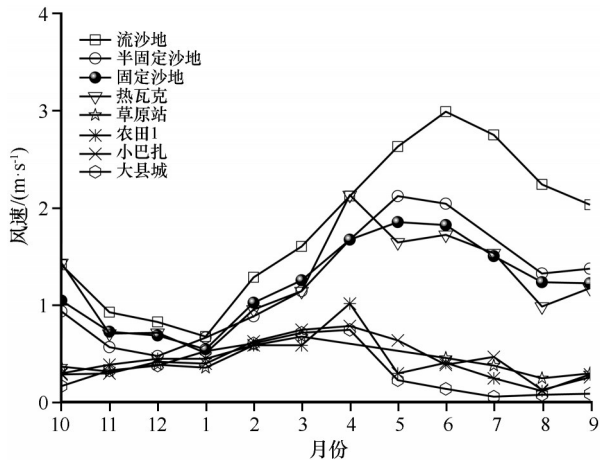


图 2 风速的月变化

Fig.2 Changes of month average wind velocity

被逐渐复苏以及农作物的生长,都起到良好的防风阻沙效应。热瓦克虽然位于绿洲内部,但开垦时间仅 2 年左右,且紧邻绿洲-沙漠过渡带,与位于绿洲-沙漠过渡带上的 3 个观测点一样,植被覆盖度较小,防风阻沙能力较弱。

3.1.2 温湿度月变化特征

在近 12 个月的观测期内,各下垫面在 2 m 高处的月均气温变化趋势基本一致。在冬季 1 月,平均气温由低到高依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、农田 1、草原站、小巴扎、热瓦克、大县城,分别为 -10.39、-10.25、-10.08、-9.56、-9.25、-9.19、-8.74、-8.71 °C,而在夏季 8 月平均气温由高到低依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、农田 1、小巴扎、大县城,分别为 26.55、26.11、25.41、25.09、24.06、22.89、22.36、22.33 °C(图 3)。这表明与绿洲-沙漠过渡带相比,绿洲内部冬暖夏凉。愈往绿洲内部,气温越低,反之则越高,杜铭霞等^[25]

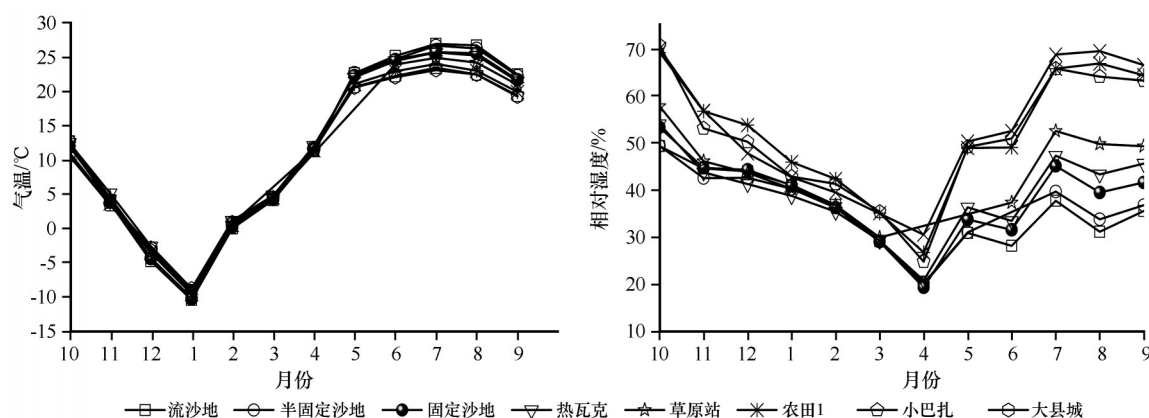


图3 气温与大气相对湿度的月变化

Fig.3 Changes of month average temperature and RH

研究表明新疆绿洲夏季具有“冷岛效应”,因此夏季绿洲内部气温普遍较低。

在冬季1月,2 m高处的月均RH由低到高依次为热瓦克、草原站、半固定沙地、固定沙地、流沙地、小巴扎、大县城、农田1,分别为38.71%、40.21%、40.22%、40.96%、41.05%、42.68%、42.80%、45.91%,而在夏季8月月均RH由低到高依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、大县城、农田1、小巴扎,分别为31.11%、33.77%、39.45%、43.31%、49.79%、64.09%、66.87%、69.51%(图3),表明绿洲内部的RH在观测期内始终高于绿洲外围。新疆典型绿洲除了具有“冷岛效应”,还有“湿岛效应”产生^[25],愈往绿洲内部,RH越高,在夏秋季节表现更为强烈,夏秋季节正值植被的生长期,绿洲下垫面的植被覆盖度较大,土壤质地较好,植物蒸腾作用及农田的灌溉作用使得绿洲下垫面地表水汽丰富,使绿洲RH不断增加。

3.1.3 太阳辐射能与PAR月变化特征

各下垫面在1.5 m高处的月均太阳辐射能与

PAR的变化趋势大体一致,冬季1月平均太阳辐射能由大到小依次为半固定沙地、热瓦克、流沙地、固定沙地、草原站、农田1、大县城,分别为107.25、106.08、103.39、100.21、92.45、75.32、61.09 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,夏季8月平均太阳辐射能由大到小依次为半固定沙地、热瓦克、流沙地、固定沙地、草原站、农田1、大县城,分别为209.60、203.73、193.04、185.16、138.72、125.15、89.80 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ (图4)。冬季1月平均PAR由高到低依次为热瓦克、半固定沙地、流沙地、固定沙地、草原站、农田1、大县城,分别为192.28、188.24、180.45、174.55、165.31、139.06、139.02 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,夏季8月平均PAR由高到低依次为半固定沙地、流沙地、热瓦克、固定沙地、草原站、农田1、大县城,分别为378.31、362.65、360.41、353.39、294.09、247.81、166.58 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从近12个月的观测期内分析,半固定沙地的月均太阳辐射能、PAR值均为最大,由于其下垫面地形高低起伏不平,植被多为柽柳,植株生长较高,拦截风沙能力较强,因此能有效减少大气中沙尘的浓度,且有柽柳、骆驼刺、花花柴

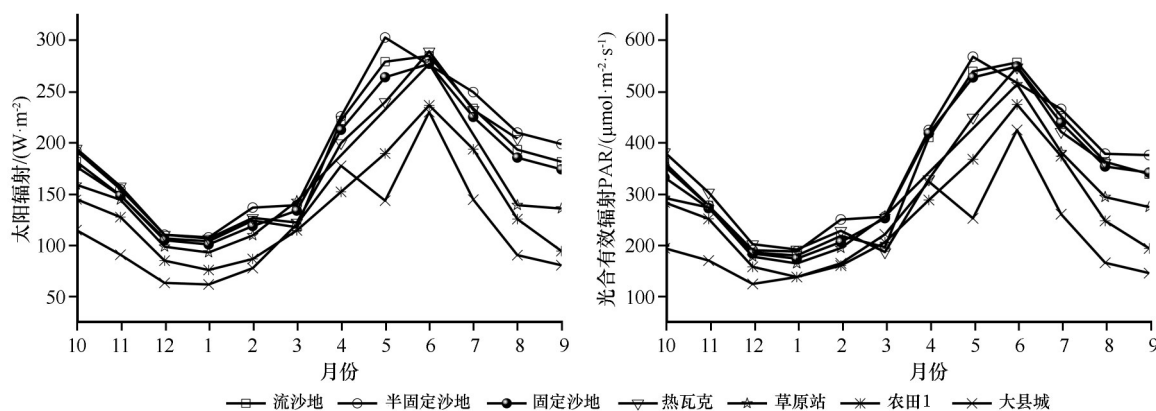


图4 太阳辐射能和光合有效辐射的月变化

Fig.4 Changes of month average solar radiation and PAR

灌丛沙堆分布,易于沉降扬沙天气下其上部大气中的细粒沙尘,从而能更好地吸收太阳辐射能和PAR。

3.2 典型下垫面小气候要素日变化特征

3.2.1 风速日变化及风向

在近12个月的观测期内,3 m高度气象站的日均风速与10 m高度气象站在2、4 m高处的日均风速变化趋势基本一致(图5)。在3 m高处的日均风速热瓦克最大,其次依次为草原站、农田1、大县城,分别为1.17、0.42、0.40、0.31 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从风向上来看,热瓦克以W、ESE、E等风向为主(图5),所占频率依次为12.00%、9.67%、9.34%,草原站以W、N、ENE等风向为主,所占频率依次为19.86%、17.16%、9.59%,农田1以WNW、ESE、W等风向为主,所占频率依次为10.98%、10.16%、9.70%,大县城以NW、E、N等风向为主,所占频率依次为9.94%、9.53%、8.40%。不同下垫面的风速、风向存在空间的差异性,热瓦克紧邻绿洲-沙漠过渡带且开垦时间较短,多为矮株植物,植被覆盖度较低,防风阻沙能力差,因此风速较大,对风向的分散力较小。相反,大县城位于绿洲内部,且开垦时间最长,有大量农林经济作物的种植且多为高株植物,此外,该地的上风向有民房

分布,在有效减小风速的同时对风向产生一定的分散作用,使风向在绿洲内部发生偏转。流沙地在2、4 m高处的日均风速均为最大,与之相比,半固定沙地、固定沙地在2 m高处的日均风速依次降低了43.58%、38.74%,半固定沙地、固定沙地、小巴扎在4 m高处的日均风速依次降低了32.81%、41.39%、75.71%。流沙地以WNW、ESE、SSW等风向为主,所占频率分别为11.71%、9.02%、8.41%,半固定沙地以N、WNW、W等风向为主,所占频率分别为25.13%、8.49%、7.63%,固定沙地以ESE、WNW、E等风向为主,所占频率依次为10.08%、9.85%、8.26%,小巴扎以SE、W、WSW等风向为主,所占频率依次为10.30%、9.72%、8.30%。总体来看,小巴扎的日均风速最小,由于小巴扎位于绿洲内部,种植有棉花、石榴等农林经济作物,植被覆盖度超过80%且下风向有民房,防风阻沙作用明显,同时使风向发生一定程度的偏转,风向不稳定,而固定沙地、半固定沙地和流沙地缺乏植被以及建筑物的阻挡,风速大、风向较稳定,大致以WNW、ESE、W风向为主。愈往绿洲内部,植被覆盖度越高,日平均风速越小,风向越分散,而植被覆盖度一定程度上体现出绿洲化的演变进程,因此有序推进绿洲化进程,对减轻该区的风沙活动具有重要作用。

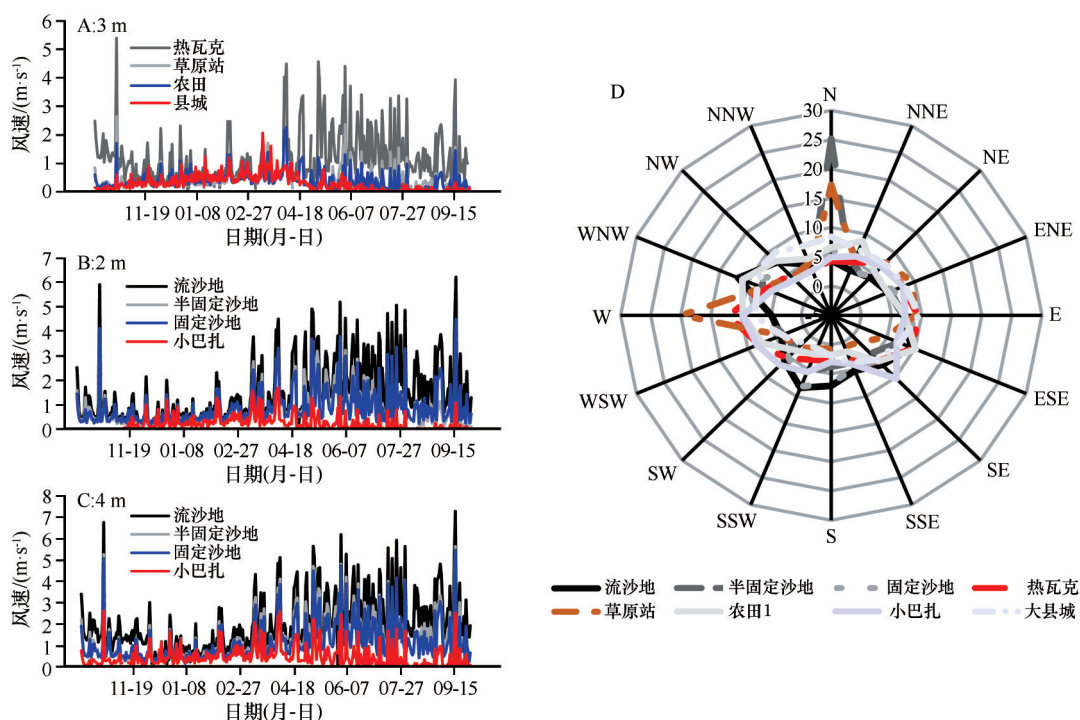


图5 风向玫瑰图与风速的日变化

Fig.5 The wind rose diagram and change of daily average wind velocity

3.2.2 气温与大气相对湿度的日变化

在近12个月的观测期内,8个下垫面在2 m高度的日均气温呈先下降后上升的趋势,日均气温最高出现在7月(图6),最低出现在1月。热瓦克近12个月观测期的日均气温分别依次比流沙地、半固定沙地、固定沙地、草原站、农田1、大县城、小巴扎高出0.29、0.33、0.53、0.55、1.22、1.28、1.40℃。地表气温直接来源于太阳辐射,大气的热量主要来自于地表,地表通过地面辐射、湍流及对流运动和潜热输送等方式将热量传递给边界大气层^[26]。策勒位于绿洲-沙漠过渡带边缘,独特的地理位置和地表环境进一步影响其气温的局部变化。流沙地在2 m高度的日均RH最低,分别依次低于半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、大县城、小巴扎、农田1的

0.29%、6.67%、7.94%、14.37%、28.99%、30.39%、30.69%,绿洲内部日均RH整体高于绿洲外围,愈往绿洲外围日均RH减少越快。绿洲内部与绿洲外围的日均RH在季节上呈相反变化,流沙地、半固定沙地、固定沙地在2 m高度的日均RH在冬春季节高于夏秋季节,而其余5个位于绿洲内部的观测点的日均RH在冬春季节低于夏秋季节。夏秋季节气温较高,过渡带下垫面地表局部裸露,增温较快,蒸发量大,因此相对湿度低,而冬春季节气温低,水分不易流失,RH高于夏秋季节。在绿洲化程度较高的地方,夏季植被的遮阴作用使地表增温慢,植被的蒸腾作用增加RH,加上绿洲内部的农田灌溉也增大土壤的湿度,而冬季绿洲内部植物几乎处于休眠期,水分蒸腾作用不明显,RH相对较低。

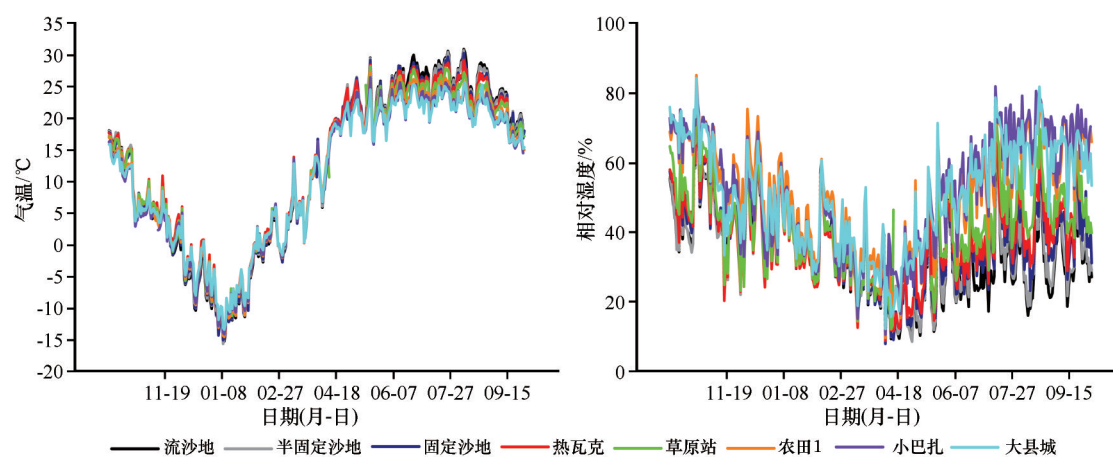


图6 气温与大气相对湿度的日变化

Fig.6 Changes of daily average temperature and RH

3.2.3 太阳辐射能与PAR日变化

在近12个月的观测期内,半固定沙地在1.5 m

高处的太阳辐射能、PAR日均值始终最大(图7),日均太阳辐射能分别依次高出热瓦克、流沙地、固定

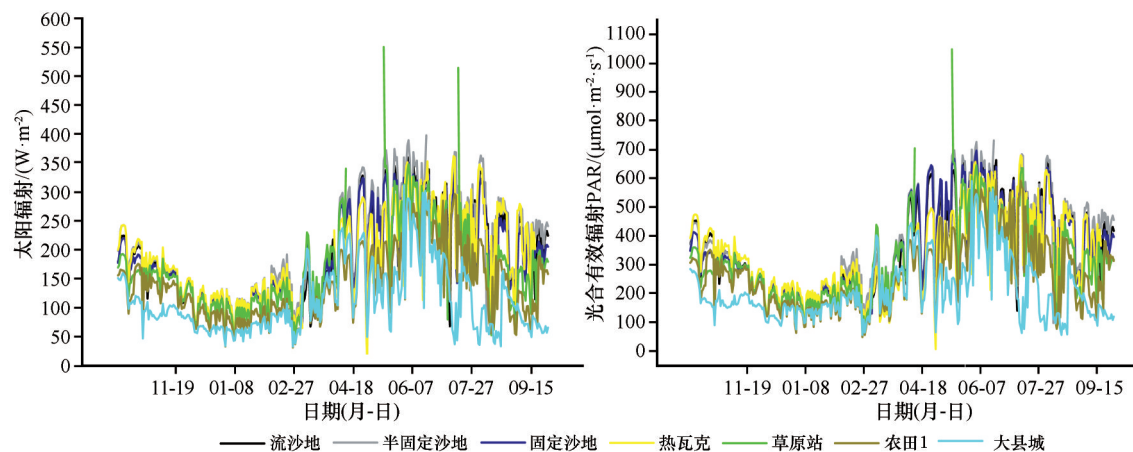


图7 太阳辐射能与PAR的日变化

Fig.7 Changes of daily average solar radiation and PAR

沙地、草原站、农田1、大县城 9.19、11.59、14.80、21.98、52.37、71.96 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, PAR日均值分别依次比流沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、农田1、大县城高出4.97%、5.50%、5.99%、11.27%、25.73%、38.90%。愈靠近绿洲内部,太阳辐射能、PAR越少,绿洲内部日均太阳辐射能、PAR值均低于绿洲外围且相差较大。由于绿洲内部开垦时间较长,绿洲化程度较高,植被覆盖度较大,能有效阻挡和反射太阳辐射能和PAR,进而使达到地表的太阳辐射能和PAR减少。

3.3 在典型沙尘暴日小气候要素的时空变化

在2011年3月12日春季沙尘暴日(图8),半固定沙地、固定沙地、小巴扎在2 m高处的日均风速与流沙地相比依次降低了25.75%、27.05%、46.93%,在3 m高处,热瓦克、草原站、农田1、大县城的日均风速依次为3.12、1.38、1.38、0.93 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。愈往绿洲内部,风速愈小,但整体上不同下垫面的日均风速差

异不大,由于春季地表植被尚未返青,植被的防风阻沙作用不明显。夜间气温较低,从日出到14:00左右气温逐渐升高,沙尘暴发生后气温呈现一定的下降趋势,而RH变化趋势与气温大致相反。在2 m高处的日均气温由低到高依次为流沙地、固定沙地、半固定沙地、草原站、大县城、农田1、小巴扎、热瓦克,分别为12.24、12.76、12.78、12.86、12.88、13.31、13.59、13.87 $^{\circ}\text{C}$ 。在同一高度上,日均RH从低到高依次为热瓦克、半固定沙地、固定沙地、草原站、流沙地、小巴扎、农田1、大县城,分别为12.65%、13.71%、13.90%、14.54%、14.99%、15.25%、16.32%、18.89%。沙尘暴发生前后气温呈现先增后降的趋势,这与其他研究结论一致^[27],即在沙尘暴过程开始前后,地面空气由较暖转向较冷。在1.5 m高处的日均太阳辐射能和PAR在春季沙尘暴日的变化趋势基本一致,沙尘暴的发生对其存在一定的削弱作用,但作用较小。日均太阳辐射能从小到大依次为热瓦克、流沙地、农田1、半固定沙地、大县城、固定沙地、

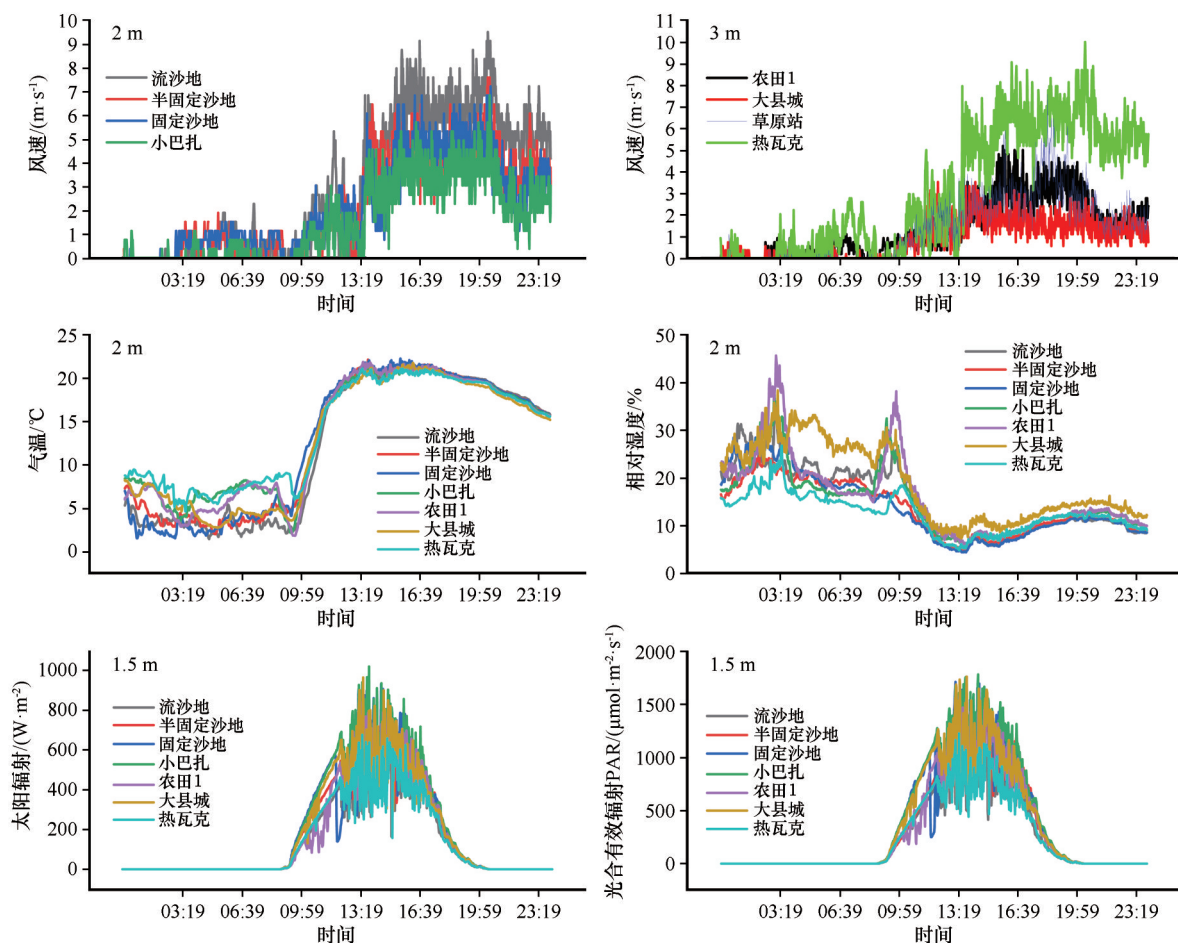


图8 春季沙尘暴日的气象要素变化

Fig.8 Changes of meteorological elements in a sand storm day in spring

小巴扎、草原站, 分别为 133.17、136.94、152.98、161.19、169.62、177.72、189.45、189.78 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, 流沙地、半固定沙地、农田 1、大县城、固定沙地、草原站、小巴扎的日均 PAR 值与热瓦克相比依次增大了 0.46%、25.34%、26.34%、40.99%、42.71%、53.96%、55.62%。在春季沙尘暴日, 绿洲-沙漠过渡带植被尚未萌发, 植被覆盖度低, 拦截风沙的能力不强, 因此削弱了对太阳辐射能和 PAR 的吸收。绿洲内部由于有一定被保留的植被及民房等起到了一定的防风阻沙作用, 同时绿洲地表吸收的热量晚上释放得慢, 易保存在近地表大气中, 绿洲内部防风阻沙和增温增湿作用较为显著。

4 讨论

策勒县为典型的绿洲-沙漠生态系统, 风沙灾害严重, 但经过多年的防风治沙工作, 策勒地区农田林格网体系的建设、节水灌溉工程、发展特色经济林等措施的实施有效推动了其绿洲化进程。赵文智等^[28]指出景观格局会随着绿洲化过程发生变化, 还会引发土壤、气象和水文等要素的变化, 还发现荒漠向绿洲的转变促进了土壤养分的增加^[29-31]。庞营军等^[32]研究表明策勒绿洲-沙漠过渡带的植被小气候作用独特, 植被覆盖度愈大, 风速愈小、气温愈低和相对湿度较高, 与本文结论基本一致, 但本文研究还发现进入绿洲后绿洲化进程对局地小气候改善作用更加显著。位于绿洲中心的大县城有 100 年以上的开垦历史, 小巴扎开垦了 50 年以上, 且植被覆盖度超过 80%, 农田 1 开垦了 30 年以上, 因此在这种绿洲化进程推动下, 绿洲内部在夏秋季降温增湿作用和在冬春季增温增湿作用显著, 而草原站和热瓦克开垦时间都较短, 分别为 2 年、15 年左右, 且紧邻绿洲-沙漠过度带, 绿洲化对局地小气候效应相对较差。杨兴华等^[33]研究表明策勒地区常年以偏西风为主, W、WNW 风向占有较大比例, 但本文发现, 策勒各观测站点除受到 NW、NE 两大主风向的影响, 还存在一定的偏南风现象。策勒起沙风风向的分布与塔里木盆地风场分布及环流影响有关, 塔里木盆地东部盛行偏东风, 西部盛行偏西风, 其南部昆仑山北坡有向北开口的喇叭形地形存在, 因此东西方向的风在此汇聚, 受气旋影响又将气流向北输送, 因此存在部分偏南风现象。张强等^[34]研究指出敦煌绿洲在夏季晴天到达绿洲地表的太阳总辐射能高于戈壁荒漠地区, 这与本文结论

相反。策勒位于塔克拉玛干沙漠南缘, 特殊地理位置、地形和人类活动的不同导致下垫面性质的差异, 策勒绿洲-沙漠过渡带上植被覆盖度普遍较低, 其中流沙地、半固定沙地还有怪柳等灌丛沙堆分布, 加上本就松散的土壤结构, 风沙活动频繁, 能有效吸收太阳辐射能和 PAR, 而在绿洲有植被的削弱作用, 因此吸收较少。这也表明绿洲化进程的合理推进, 有利于减小风沙活动对策勒绿洲地表的侵蚀, 从而促进其生产生活的有序发展。冯起等^[35]研究发现下垫面局部特征能通过植被反映出来, 而植被的独特作用又一定程度影响到局部小气候特征, 因此, 植被对调节气候具有重要作用。独特的地理位置是导致策勒地理环境恶劣的重要因素, 如何在这种“先天不足”的环境中加强对天然植被的恢复和保护, 合理推进绿洲化进程的问题还需不断地深入探讨。

5 结论

草原站、农田 1、大县城与热瓦克相比, 在 3 m 高处的日均风速分别依次降低了 63.88%、65.58%、73.24%, 小巴扎在 2、4 m 高处的日均风速始终最小, 绿洲内部的月均风速整体低于绿洲外围。流沙地、半固定沙地、固定沙地、热瓦克的风向以 WNW、ESE、W 风向为主, 风向较稳定, 而其余站点的风向较分散。总体来看, 研究区除受到 NW、NE 两大主风向的影响外, 还存在一定的偏南风现象。

与绿洲-沙漠过渡带相比, 绿洲内部冬暖夏凉。在 2 m 高处, 近 12 个月的观测期内, 绿洲内部的平均气温低于绿洲外围且具有明显的冬暖夏凉效应, 冬季 1 月平均气温由低到高依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、农田 1、草原站、小巴扎、热瓦克、大县城, 分别为 -10.39、-10.25、-10.08、-9.56、-9.25、-9.19、-8.74、-8.71 $^{\circ}\text{C}$, 夏季 8 月平均气温由高到低依次为流沙地、半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、农田 1、小巴扎、大县城, 分别为 26.55、26.11、25.41、25.09、24.06、22.89、22.36、22.33 $^{\circ}\text{C}$ 。

流沙地在 2 m 高处的日均 RH 分别依次低于半固定沙地、固定沙地、热瓦克、草原站、大县城、小巴扎、农田 1 的 0.29%、6.67%、7.94%、14.37%、28.99%、30.39%、30.69%, 月均 RH 在冬春季节的空间差异不明显, 但在夏秋季节, 愈往绿洲内部, RH 越高, 表明绿洲内部的降温增湿作用愈大。

在近 12 个月的观测期内, 太阳辐射能和 PAR 的

日均值变化趋势整体一致,半固定沙地的日均、月均太阳辐射能、PAR均为最高,绿洲-沙漠过渡带的太阳辐射能和PAR整体高于绿洲内部。

在春季沙尘暴日,半固定沙地、固定沙地、小巴扎在2 m高处的平均风速与流沙地相比,依次降低了25.75%、27.05%、46.93%,热瓦克、草原站、农田1、大县城在3 m高处的平均风速依次为3.12、1.38、1.38、0.93 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,绿洲内部的平均温湿度、太阳辐射能和PAR整体均大于绿洲外围。绿洲内部绿洲化程度较高,绿洲化对其局地小气候效应强,所以在春季沙尘暴日,绿洲内部增温增湿效果相对较好。

绿洲内部开垦年限越长、植被覆盖度愈大,在夏季其降温增湿的效果越显著,愈往绿洲内部,绿洲化对其局地空间小气候的作用愈显著。

参考文献:

- [1] 翁笃明,陈万隆,沈觉成.小气候和农田气候[M].北京:农业出版社,1981:1-5.
- [2] 申建友,何宗颖,李胜利,等.奈曼沙漠化地表小气候的观测与研究[J].中国沙漠,1993,13(2):44-50.
- [3] 王涛,刘树林.中国干旱区绿洲化、荒漠化调控区划(纲要)[J].中国沙漠,2013,33(4):959-966.
- [4] 刘树林,王涛,屈建军,等.中国北方草原沙漠化发展过程及其成因分析[J].中国沙漠,2009,29(2):206-211.
- [5] 姚玉璧,肖国举,王润元,等.近50年来西北半干旱区气候变化特征[J].干旱区地理,2009,32(2):159-165.
- [6] 张强,胡隐樵.绿洲地理特征及其气候效应[J].地球科学进展,2002,17(4):477-486.
- [7] 金莉莉,李振杰,何清,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地中心区域与边缘地带小气候[J].中国沙漠,2017,37(5):986-996.
- [8] 范丽红,格丽玛,何清,等.绿洲-过渡带-荒漠气候特征日变化分析[J].新疆农业大学学报,2006,29(1):5-9.
- [9] 丁文晖,张勃,孟宝,等.黑河中游绿洲土地利用对地下水的的影响分析[J].干旱区资源与环境,2006,20(2):129-132.
- [10] 李小明,宋冬梅,肖笃.石羊河下游民勤绿洲地下水矿化度的时空变异[J].地理学报,2005,60(2):319-327.
- [11] 朱震达.塔克拉玛干沙漠地区沙漠化过程及其发展趋势[J].中国沙漠,1987,7(3):16-28.
- [12] 刘亚传.试论水文地质环境与绿洲农业生态[J].水文地质工程地质,1984,11(6):28-30.
- [13] 代述勇,雷加强,赵景峰,等.策勒西部荒漠-绿洲过渡带地下水特征及生态影响分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(8):99-103.
- [14] 王敏仲,魏文寿,何清,等.南疆沙漠腹地夏季晴天与沙尘日小气候观测对比分析[J].气象,2008,34(11):7-14.
- [15] 邢文娟,雷加强,王海峰,等.荒漠-绿洲过渡带风况及输沙势分析:以策勒县为例[J].干旱区研究,2008,25(6):894-898.
- [16] 杨佐涛.戈壁与绿洲内的风向风速关系:以新疆策勒县为例[J].中国沙漠,1990,10(3):33-39.
- [17] 巩庆,范金霞,林卫,等.策勒沙漠-绿洲输沙及动力环境特征[J].沙漠与绿洲气象,2017,1(3):86-90.
- [18] 毛东雷,蔡富艳,雷加强,等.新疆策勒不同下垫面大气降尘时空分布特征[J].干旱区研究,2017,34(6):1222-1229.
- [19] 毛东雷,蔡富艳,杨雪峰,等.新疆策勒绿洲-沙漠过渡带不同下垫面风场特征[J].干旱区研究,2019,36(5):1117-1126.
- [20] 毛东雷,蔡富艳,雷加强,等.新疆策勒沙漠-荒漠-绿洲典型下垫面小气候空间变化分析[J].地理科学,2017,37(4):630-640.
- [21] 王兮之,葛剑平.40多年来塔南策勒绿洲动态变化研究[J].植物生态学报,2004,28(3):369-375.
- [22] 潘光耀,穆桂金,岳健,等.2001-2010年策勒绿洲-沙漠过渡带的变化及其成因[J].干旱区研究,2014,31(1):169-175.
- [23] 张鹤年.塔克拉玛干沙漠南缘-绿洲过渡带生态环境区综合治理技术与试验示范研究[J].干旱区研究,1995,12(4):1-9.
- [24] 张春秩,瓦哈甫·哈力克,马燕,等.典型干旱区土地利用变化的生态环境外部性分析:以策勒绿洲为例[J].云南地理环境研究,2007,19(1):28-33.
- [25] 杜铭霞,张明军,王圣杰.新疆典型绿洲冷岛和湿岛效应强度[J].生态学报,2015,34(6):1523-1531.
- [26] 周淑贞,张如一,张超.气象学与气候学[M].北京:高等教育出版社,1997:103-104.
- [27] 顾润源,武荣盛,周伟灿,等.内蒙古半干旱草原沙尘天气对近地层微气象学特征影响分析[J].中国沙漠,2012,32(3):815-823.
- [28] 赵文智,杨荣,刘冰,等.中国绿洲化及其研究进展[J].中国沙漠,2017,37(1):1-5.
- [29] Li X G, Li Y K, Li F M, et al. Changes in soil organic carbon, nutrients and aggregation after conversion of native desert soil into irrigated arable land[J]. Soil & Tillage Research, 2009, 104(2):263-269.
- [30] Su Y Z, Yang R, Liu W J, et al. Evolution of soil structure and fertility after conversion of native sandy desert soil to irrigated cropland and in arid region, China[J]. Soil Science, 2010, 175(5):246-254.
- [31] Gui D W, Lei J Q, Zeng F J, et al. Farmland management effects on the quality of surface soil during oasisification in the Southern rim of Tarim Basin in Xinjiang, China[J]. Plant Soil and Environment, 2010, 56(7):348-356.
- [32] 庞营军,雷加强,曾凡江,等.新疆维吾尔自治区策勒县绿洲-沙漠过渡带小气候特征[J].水土保持通报,2011,31(5):240-245.
- [33] 杨兴华,何清,霍文,等.塔克拉玛干沙漠南缘风沙跃移运动研究:以策勒为例[J].中国沙漠,2012,32(4):910-914.
- [34] 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.
- [35] 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.

Spatial difference of microclimate over typical underlying surface in process of oasisization in Cele, Xinjiang

Cao Yongxiang¹, Mao Donglei^{1,2}, Cai Fuyan³, Wang Xuemei¹,
Abulaiti Kaimaierguli¹, Su Songling¹

(1. College of Geography Science and Tourism / Key Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. College of Application Engineering, Urumqi Vocational University, Urumqi 830002, China)

Abstract: The comparison and analysis of the wind velocity, air temperature, relative humidity, solar radiation, photo-synthetically active radiation and wind direction at the eight meteorological stations were made based on synchronous observation data in Cele from 1 October, 2010 to 30 September, 2011. The characteristics of spatial microclimate differences in different underlying surfaces were analyzed and the reasons for variability were discussed. The results showed that: (1) The daily average wind velocity at the height of 3 m in grassland station, farmland 1, and big county station was 65.58%, 63.88% and 73.24% less than that in Rewake. The daily average wind velocity at the small bazaar is always the smallest at height of 2 m and 4 m. The monthly average wind velocity inside the oasis is lower than the outside of the oasis. The main wind directions of mobile sandy land, semi-fixed sandy land, and fixed sandy land are mainly WNW, ESE and W and the wind is relatively stable, while the wind direction at other observation stations is more scattered. (2) During the observation period of nearly 12 months, the average temperature inside the oasis was lower than that outside the oasis, and the effect of warmer in winter and cooler in summer was obvious. The average temperature in January winter from low to high are followed by mobile sandy land, semi-fixed sand, fixed sandy land, farmland1, grassland station, small bazaar, Rewake, big county, respectively -10.39 , -10.25 , -10.08 , -9.56 , -9.25 , -9.19 , -8.74 , -8.71 °C, the average temperature in August summer from high to low in turn into mobile sandy land, semi-fixed sand, fixed sandy land, Rewake, grassland station, farmland1, small bazaar, big county, respectively. Which was 26.55, 26.11, 25.41, 25.09, 24.06, 22.89, 22.36 and 22.33 °C. (3) The daily relative humidity of semi-fixed sandy land, fixed sandy land, Rewake, grassland station, big county, small bazaar and farmland1 at the height of 2 m was increased by 0.29%, 6.67%, 7.94%, 14.37%, 28.99%, 30.39% and 30.69%, respectively, compared with that of mobile sandy land. The spatial difference of the monthly average relative humidity of different underlying surfaces, which is similar with the daily average change. (4) During the observation period of nearly 12 months, the change trends of solar radiation and the PAR are generally consistent. The daily and monthly average solar radiation energy and PAR of semi-fixed sandy land are always the highest. The overall solar radiation and PAR in oasis-desert ecotone are higher than those inside the oasis. (5) During the spring sandstorm days, the average wind velocity in semi-fixed sand, fixed sandy land, small bazaar was 25.75%, 27.05%, and 46.93% less than that in mobile sandy land. The average wind velocity of Rewake, grassland station, farmland 1, big county were 3.12, 1.38, 1.38 and 0.93 m·s⁻¹, and the average temperature and humidity, solar radiation and PAR inside the oasis are generally higher than those outside the oasis. Oasisization in the oasis has a strong effect on the local microclimate, so on the sandstorm days in spring, the effect of increasing temperature and humidity inside the oasis is relatively well. The longer the reclamation period of the oasis was, the greater the vegetation coverage was, and the more significant the effect of cooling and humidification was in summer.

Key words: oasisification; oasis-desert ecotone; microclimate; vegetation coverage; Cele County