

塔克拉玛干沙漠腹地自然沙面与人工绿地不同 季节局地气候的差异性

吴 焯, 霍 文, 何 清, 金 莉 莉

(中国气象局 乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: [目的] 开展塔克拉玛干沙漠腹地自然沙面与人工绿地不同季节局地气候差异性研究, 通过观测数据的解析, 反映出沙漠与绿地区之间小气候变化的互馈机制, 为沙漠区域人工绿地的可持续发展提供理论支持。[方法] 利用塔克拉玛干沙漠腹地流动沙丘—人工绿地不同下垫面 4 个气象站的同步加密观测资料, 分析自然沙面与人工绿地的小气候特征差异, 初步探讨产生这些差异的原因。[结果] 沙漠区对气温的升降速率响应快, 绿洲区对气温的变化幅度响应显著; 四季在增温时段绿洲相对于沙漠属冷岛, 降温时段属热岛; 夏季比湿最大, 冬季最小, 绿洲区相对于沙漠区在秋季湿岛效应持续时间最长, 强度最大; 春、夏、秋季凌晨至日出时段, 绿洲上游边界呈现湿岛效应特征, 绿洲下游边界四季全天均表现为湿岛效应; 沙漠区域风速日变化极值出现时间早于绿洲区, 风速变化范围沙漠区最大, 绿洲区最小, 在春、夏季, 绿洲核心区风速递减率大于绿洲上游边界。[结论] 下垫面的差异对小气候影响是十分显著的, 绿洲区存在较强的“冷岛效应”和“湿岛效应”。

关键词: 塔克拉玛干沙漠; 温度; 比湿; 风速; 小气候

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)02-0075-08

中图分类号: P463.2

文献参数: 吴焯, 霍文, 何清, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地自然沙面与人工绿地不同季节局地气候的差异性[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 75-82. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 02. 011; Wu Ye, Huo Wen, He Qing, et al. Microclimate Variability of Natural Sand and Artificial Green Land in Different Seasons over Taklimakan Desert Hinterland[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 75-82. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 02. 011

Microclimate Variability of Natural Sand and Artificial Green Land in Different Seasons over Taklimakan Desert Hinterland

WU Ye, HUO Wen, HE Qing, JIN Lili

(Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi, Xinjiang 830002, China)

Abstract: [Objective] Local microclimate variability of natural sand and artificial green land in different seasons over Taklimakan desert hinterland was investigated. Mutual feed mechanism of microclimate changing between natural desert and artificial green land was reflected by analysis of the observation data. The research was expected to offer theoretical support for the sustainable development of artificial green area in the desert region. [Methods] Based on the simultaneous observation data from four meteorological stations with different underlying surfaces of natural sand and artificial green land in Taklimakan desert hinterland, the microclimate different characteristics between natural sand and artificial green were analyzed, and the reasons for these differences were explored. [Results] Desert region has fast response to the up-down rate of temperature, while the oasis region had significant influences on the temperature variation range. In comparison with desert, oasis has cold island effect during humidification period, and has heat island effect during cooling period in four seasons. The specific humidity levels of oasis showed the maximum valued in summer, and the minimum values in winter. Beside the above mentioned, the moisture island effects of oasis last longest

收稿日期: 2016-07-07

修回日期: 2016-08-04

资助项目: 国家自然科学基金项目“塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地局地气候观测研究”(41305107); 中国沙漠气象科学研究基金项目(Sqj2015011)

第一作者: 吴焯(1982—), 女(汉族), 新疆自治区和静县人, 硕士, 助理研究员, 主要从事应对气候变化研究。E-mail: wuyue416@sina.com。

通讯作者: 霍文(1981—), 男(汉族), 陕西省绥德县人, 硕士, 副研究员, 主要从事沙漠气象研究。E-mail: huowenpet@idm.cn。

and strongest in the autumn. In spring, summer and autumn, the upper stream boundary was affected by moisture island effect, whereas in all four seasons, moisture island effect always existed for downstream boundary. The biggest daily variation of wind velocity in the desert occurred early and had the biggest percentage variation. Meanwhile, the oasis has the smallest one. In both spring and summer, as compared with desert, wind weaken rate in oasis is higher than that in the upstream boundary. [Conclusion] The effects of underlying surfaces on microclimate are quite conspicuous, which cause obvious “cold island” and “wet island”.

Keywords: Taklimakan desert; air temperature; specific humidity; wind velocity; microclimate

沙漠小气候研究是沙漠气候研究的一个分支,下垫面类型、植被类型及密度、土壤基质、地下水位深度、海拔高度、坡度和坡向等都是影响沙漠小气候变化的因素^[1-6]。植被可以通过影响地表能量、水和动量平衡等多种方式来影响小气候。植被和小气候的关系非常复杂:小气候影响植被特征,反之植被特征又影响小气候,有些植被对地表物理过程和大气的影响是沙漠地区特有的^[7]。塔克拉玛干沙漠是中国沙尘暴的主要起源地之一,位于中国新疆南部塔里木盆地中心,面积 $3.376 \times 10^5 \text{ km}^2$,其中流动沙丘面积占 82.2%,是中国最大的沙漠^[8]。塔中沙漠油田基地位于沙漠腹地,地理坐标为 $39^\circ 00' \text{ N}$, $83^\circ 40' \text{ E}$,海拔 1 099.3 m,为解决油田基地的防沙绿化问题,1994 年起建成人工绿地 35 hm^2 ,目前石油基地人工绿地已初具规模,下垫面状况发生了很大变化^[9],形成了有别于流动沙面的局地气候效应。一些学者对塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地土壤理化性质、土壤微生物学特性进行研究^[10-14],结果表明,不同植被类型和利用方式的绿地土壤理化性质有差异;人工绿地建成后,土壤结构和养分状况得到改善,促进了风沙土的成土发育,土壤微生物在时间和地域分布上呈现明显的规律性。对塔克拉玛干沙漠公路中断两侧不同下垫面和塔中地区油田防护林带小气候分析发现,防护林带有利于改良和调节局部小气候^[15-16]。塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地小气候特征研究表明,生长季人工绿地有利于调节地表温度和贴地层气温,缩小温差,提高大气湿度^[17]。但对于塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地与沙漠交互区局地气候系统性的研究却鲜见报道。小气候既定量地反映了沙漠化环境的退化程度,又定量地反映了沙漠化环境过程中反馈作用的强度^[18]。因此开展极端干旱条件下自然沙面与人工绿地小气候研究,可为进一步了解沙漠区与绿地区之间局地气候变化的互馈机制提供数据支持,为沙漠区域人工绿地可持续发展提供科学理论支持。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区所在的塔克拉玛干沙漠腹地年平均气温

12.4 $^\circ\text{C}$,最热月(7月)的平均气温 28.2 $^\circ\text{C}$,最冷月(12月)的平均气温 -8.1 $^\circ\text{C}$,极端最高气温 45.6 $^\circ\text{C}$,极端最低气温 -22.2 $^\circ\text{C}$ 。年降水量 11.05 mm,蒸发量 3 638.6 $\text{mm}^{[19]}$ 。年平均出现沙尘暴 30 d 以上,扬沙天气多达 70 d,浮尘天气高达 200 d,发生期可跨越整个春夏季节。该地区除了油田作业区和生活区外,周围及沙漠公路旁还生长了一些人工种植的梭梭、红柳、沙拐枣及一些野生芦苇,其他地区基本是裸露的流沙地表,土壤特征随地貌不同而有所差异,绝大部分为风沙土。

1.2 试验设计及数据处理

1.2.1 试验设计 自塔克拉玛干沙漠腹地流动沙丘—人工绿地内部与盛行风向平行取 4 个下垫面,依次布设 4 个气象观测站,气象站 A 为塔克拉玛干沙漠塔中大气环境观测试验站副站,地表以连片流沙为主,周围基本无植被覆盖;气象站 B 位于流动沙丘与人工绿地过渡地带,地表分布稀疏的怪柳、骆驼刺,距离 A 气象站东南方向 1.5 km;气象站 C 为塔克拉玛干沙漠塔中大气环境观测试验站主站,位于油田基地人工绿地内,种有怪柳、沙拐枣和梭梭等沙生植被,地势较为平坦;气象站 D 位于人工绿地东南侧,是人工绿地边缘地带,分布有少量怪柳、骆驼刺、梭梭等植被。A, B, C, D 分别代表沙漠、绿洲上游边界、绿洲和绿洲下游边界(下文分析均用 A, B, C, D 代替,不在重复表述)。2014 年 1, 4, 7 和 9 月对 4 个下垫面进行同步气象观测,分别代表冬季、春季、夏季以及秋季不同下垫面的小气候特征。

1.2.2 数据说明与处理 本研究采取的数据时间段为 2014 年 1, 4, 7 和 9 月,气象要素有气温、相对湿度、风速、气压等。其中 A, C 站为定点观测站, B, D 站为流动加强观测站。A 站建有 10 m 梯度探测系统,共有 5 层梯度层次, C 站建有 80 m 梯度探测系统,共有 10 层梯度观测平台,主要使用芬兰 VAISA-LA、美国 Metone 等气象专用研究级别探测设备,测量精度与范围符合国际公认标准。考虑到便携式流动加强观测站 B, D 站的数据精确性,选用 Weather-Hawk 气象站,测量精度等参数详见表 1。

表 1 仪器参数表

站点	测量要素	测量范围	分辨率	精度
A,C 站	气温/ $^{\circ}\text{C}$	-40~+60	0.1	0.2
	相对湿度/%	0~100	0.1	3
	风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	0~60	0.1	0.1
	气压/hPa	500~1100	0.1	0.3
B,D 站	气温/ $^{\circ}\text{C}$	-40~+50	0.1	0.5
	相对湿度/%	0~100	0.1	3
	风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	0~60	0.1	0.3
	气压/hPa	500~1100	1.0	0.5

四季平均温度变化选取 1,4,7 和 9 月日平均温度计算得出,温度、风速的日变化特征选取 1,4,7 和 9 月同一时段内 0:00—23:00 的所有数据的平均值。相对湿度(f)是空气中的实际水汽压与同温度下的饱和水汽压的比湿,直接反映空气距离饱和的程度,其日变化主要决定于温度,而比湿(q)是指在一团湿空气中,水汽的质量与该团空气总质量(水汽质量加上干空气质量)的比值,其单位是 g/g,即表示每 1 g 湿空气含有多少克的水汽,也有用每 1 kg 质量湿空气所含水汽质量的克数表示的即 g/kg。因此用比湿来表示空气的湿度^[20]。比湿由温度、相对湿度、气压数据计算得出。由于仪器故障及传输、记录过程中的其他原因,会出现一些虚假的数据,对明显错误的数据进行订正和剔除,以免影响结果的可靠性。

1.3 研究时段代表月气候概况

春、夏季是主要沙漠灾害性天气频发的季节,这里只阐述代表月 4 和 7 月的气候概况,1 与 9 月略。2014 年 4 月观测出现 17 次浮尘天气,14 次扬沙天气,3 次沙尘暴天气,2 次大风天气过程。其中 23,24 日沙尘天气持续时间长,强度变化大,23 日沙尘暴最小能见度达 200 m,24 日浮尘最小能见度达 300 m,14 日大风瞬间风速达 17.2 m/s。14 日出现降水天气,降水量为 0.0 mm。与历年同期相比,本月平均气温偏低 1.1 $^{\circ}\text{C}$,降水量相等。沙尘出现日数较历年同期偏多,出现沙尘天气过程,对当地生产、生活及交通运输造成了不利的影 响。2014 年 7 月出现 14 次浮尘天气,13 次扬沙天气,7 次沙尘暴天气和 5 次大风天气过程,持续时间较长,强度变化大。其中浮尘最小能见度为 741 m,沙尘暴最小能见度为 171 m。其中 16 日大风天气,瞬时风速达 21.0 m/s。最大日降水量为 1.6 mm,全月降水量为 2.4 mm。与历年同期相比,本月月平均气温偏低 0.7 $^{\circ}\text{C}$,降水量偏少,沙尘出现日数较历年同期偏多。虽然出现沙尘天气过程和降水天气过程,但对当地生产、生活及交通运输未造成影响。

2 结果与分析

2.1 温度变化特征

2.1.1 温度日变化特征 图 1 是四季不同下垫面平均温度,其中春、夏季各站温度差值较小,秋、冬季差值较大,不同季节 B 站温度始终最高,C 站始终最低,四季平均温度均为:B>D>A>C,A 站和 C 站春、冬季温度差值较小,冬季 A 站平均温度为 -4.94 $^{\circ}\text{C}$,C 站 -5.1 $^{\circ}\text{C}$;春季 A 站 16.33 $^{\circ}\text{C}$,C 站 16.17 $^{\circ}\text{C}$ 。B 站和 D 站均为绿洲向沙漠过渡的边缘地带,温度相差较小。C 站为人工绿洲,覆盖怪柳、梭梭、骆驼刺等沙生植被,春、夏季随着地表植被覆盖度增加,可吸收和反射一部分太阳辐射能,使地表温度降低,导致地表补充给大气的热量减少,气温相应降低^[21]。

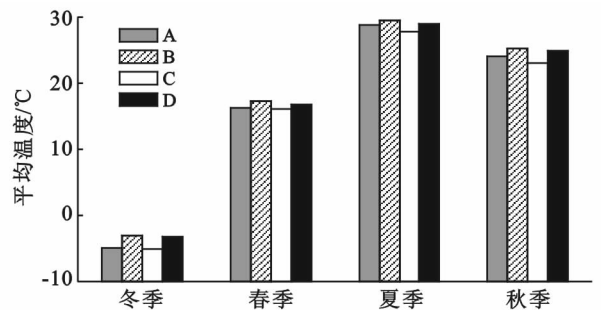


图 1 研究区不同下垫面四季平均温度

众所周知,受太阳辐射的影响,空气温度有明显的日变化规律,下垫面状况的不同影响到辐射收支,从而会成为影响温度日变化的因素之一。如图 2 所示,给出了四季不同下垫面逐时平均温度日变化。可以看出,四季不同下垫面温度整体变化趋势一致,不同下垫面温度日变化周期不同步。A 站温度变化提前于其他 3 站,最高温度秋、冬季较 C 站提前 2 h,春、夏季提前 1 h,夏季较 B 站提前 3 h,其他三季提前 2 h,冬、夏季较 D 站提前 3 h,春、秋季提前 2 h;最低温度冬季较 C 站提前 1 h,其他三季提前 2 h,四季较 B,D 站均提前 3 h。沙漠在升温 and 降温过程中的变化最快,绿洲在升温 and 降温过程中的变化幅度最大,绿洲上下游边界升温滞后于沙漠和绿洲,降温滞后于沙漠,与绿洲基本同步。

由图 2 所示,冬季,08:00—15:00C 站温度低于 A 站,16:00—03:00C 站温度高于 A 站,04:00—07:00二者温度接近,可以认为 08:00—15:00 绿洲相对于沙漠是一个冷源,属冷岛,16:00—03:00 绿洲属热岛,04:00—07:00 是热岛与冷岛过渡期;与 B,D 站相比 20:00—11:00C 站属冷岛,12:00—19:00 度接近。最热月夏季(图 2),06:00—13:00C 站温度低

于 A 站,属冷岛,14:00—23:00C 站温度高于 A 站,属热岛,00:00—05:00 两站温度接近,属冷岛与热岛过渡期,B,D 站温度白天与 C 站相差不大,夜间略高于 C 站。春季(图 2)、秋季(图 2)4 站温度日变化较一致,更为平缓,07:00—13:00C 站温度低于 A 站,

14:00—22:00 高于 A 站,23:00—06:00 温度接近。不同季节清晨到午后,绿洲相对于沙漠属冷岛,午后到凌晨属热岛,凌晨到日出前属冷热岛过渡期;绿洲上下游边界相对于沙漠,清晨到午后属冷岛,午后到次日清晨属热岛,无明显冷热岛过渡期。

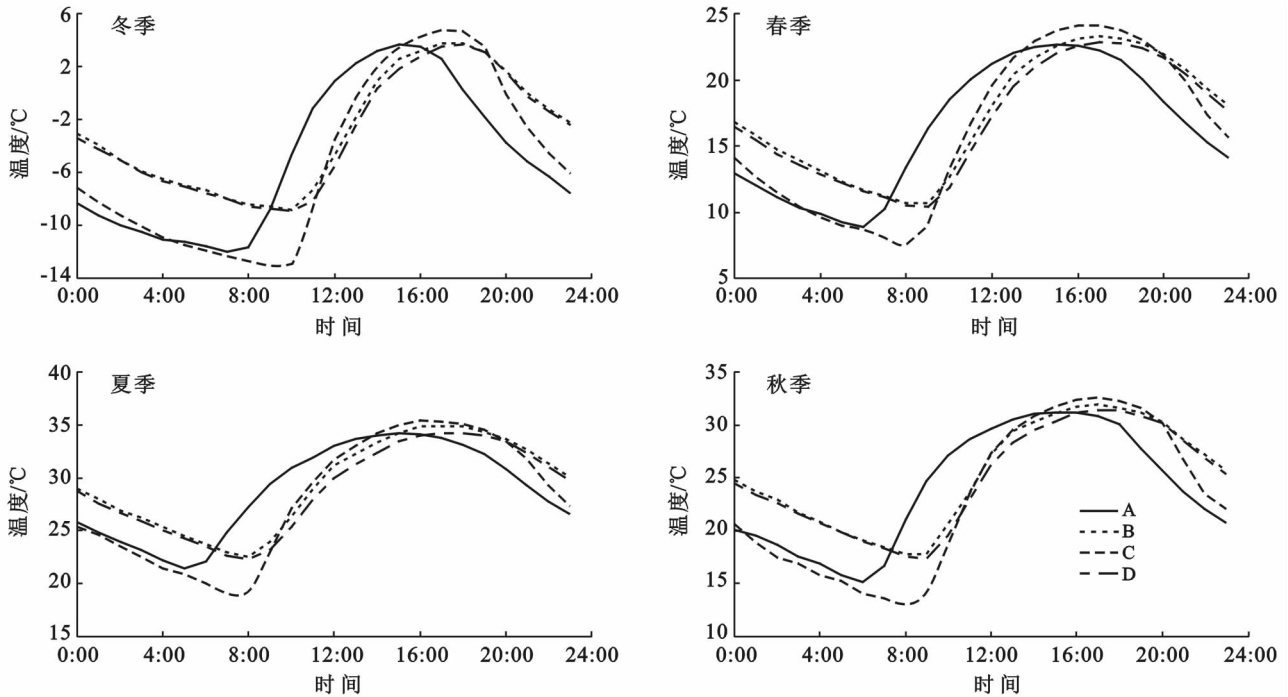


图 2 不同下垫面平均温度日变化

表 2 是不同下垫面白天和夜晚的平均温度及日较差,可以看出,4 站四季日较差最大的是 C 站,分别为冬季 17.76 °C、春季 16.74 °C、夏季 16.51 °C 和秋季 19.82 °C,最小的是 D 站,值分别是冬季 12.53 °C,春季 12.39 °C,夏季 11.96 °C,秋季 14.03 °C,四季日较差大小排序: C>A>B>D。

四季来看, A 站白天平均温度最高,分别为 -0.31, 20.66, 32.6 和 29.02 °C, B 站夜晚平均温度最高,其值分别为 -4.89, 14.87, 26.94 和 22.57 °C;

D 站白天平均温度最低,分别为 -1.42, 19.08, 31.13 和 27.43 °C, A 站冬季和春季夜晚平均温度最低,分别为 -9.57 和 12.01 °C, C 站夏季和秋季夜晚平均温度最低,分别是 23.73 和 18.15 °C。

A 站和 B 站温度在白天和夜晚均最高,说明沙漠和绿洲上游边界起增加近地层温度的作用, C 站温度在夏季和秋季夜晚最低,有明显的降温作用,较大的日较差说明降温作用主要在夜晚,夏季夜晚相对于沙漠,绿洲是一个“冷源”,也说明了绿洲的冷岛效应^[22]。

表 2 不同下垫面白天和夜晚的平均温度及日较差

°C

站点	1 月平均温度			4 月平均温度			7 月平均温度			9 月平均温度		
	09—20	21—08	日较差	09—20	21—08	日较差	09—20	21—08	日较差	09—20	21—08	日较差
A	-0.31	-9.57	15.67	20.66	12.01	13.80	32.60	24.93	12.73	29.02	19.02	16.00
B	-1.04	-4.89	12.55	19.63	14.87	12.65	31.89	26.94	12.32	28.05	22.57	14.13
C	-1.25	-8.95	17.76	20.32	12.02	16.74	32.29	23.73	16.51	27.87	18.15	19.82
D	-1.42	-5.07	12.53	19.08	14.58	12.39	31.13	26.64	11.96	27.43	22.37	14.03

综合图 2 和表 2,沙漠特殊物理性质决定着地面以长波辐射和湍流形式向空气中迅速传播热量,使气温急剧升高,当地表得不到太阳辐射能量,它自身的热量也很快传送走,沙层温度迅速下降,而且空中水

分的短缺,近地表空气能量也就很快向上层空气传递,越靠近沙面的空气温度越低^[18]。因此不同季节沙漠达到日最高气温的时间较其他下垫面提前,温度下降到最低点的时间也相应提前,不同季节有所差

异。不同季节午后到凌晨,绿洲温度均高于沙漠,凌晨到午间,绿洲温度低于沙漠,主要原因可能是午后沙漠温度达到最高后,由于平流或局地环流作用将被加热的空气输送到绿洲上空,植被对湍流的削弱作用超过对辐射的削弱作用^[23],致使绿洲的温度反比沙漠高,这与严坤^[17]在塔中地区的观测相似。夜间植被区散热面积大,散热快,温度降低也快,使贴地层气温稍低于流沙区,这与刘树华^[24]在腾格里沙漠南缘沙坡头的观测一致。

2.1.2 温度变化速率 以相邻 2 h 的平均温度差表示温度变化速率,得到 4 种下垫面上温度变化速率在不同季节的日变化特征,由图 3 可知,白天温度变化明显比夜晚快,各站温度变化速率差异主要在白天。图 3a 是 A 站不同季节温度变化速率,图 3b 是夏季 4 站温度变化速率,夏季 C 站植被覆盖度大,因此将夏季 C 站温度变化速率作为背景值(图 3a, 3b 中虚线)有助于直观分析 A 站温度变化速率特征。A 站不同季节温度变化速率起伏较大,稳定增温时间均为 3 h,持续较短,持续降温时间较长,分别是:夏季>春季>秋季>冬季,各站变化时间不同步。冬季稳定增温时间为 07:00—10:00,明显滞后于其他季节,持续降温时间为 10:00—18:00,持续时间 8 h;春季增温和降温幅度较小,稳定增温时间为 05:00—08:00,降温持

续 12:00;秋季 05:00 开始稳定升温,08:00 达到最大增温速率 4.37 °C/h 后开始降温,降温持续 11 h 后开始波动上升。

如图 3b 所示,夏季 A 站和 C 站稳定增温及最大增温时间和速率差异较大,A 站夏季早晨升温剧烈,04:00 开始升温,07:00 左右增温速率达到最大值 2.72 °C/h 后降温迅速,持续降温 14 h,C 站稳定增温滞后 A 站 2 h,09:00 达到最大增温速率 4.04 °C/h,B 站和 D 站增温时间滞后于 A 站和 C 站,增温速率也小于 A 站和 C 站。夏季,C 站明显的降温速率也印证了“绿洲冷岛效应”存在于塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地中。

图 3c 和图 3d 为 B 站和 D 站四季温度日变化速率,图中虚线为夏季 A 站温度日变化速率,将其作为背景值,可更加清晰的看出沙漠与绿洲边界温度变化差异。如图 3 所示,B 站和 D 站温度变化速率基本一致,温度变化速率绿洲下游边界小于绿洲上游边界,2 个绿洲边界稳定增温时间出现早晚均为:夏季>秋季>春季>冬季,不同季节增温速率和降温速率均为:秋季>冬季>春季>夏季。夏季两站增温和降温均滞后于 A 站,因为绿洲边界随着植被覆盖率的增加,升温较沙漠慢,沙漠日出后升温快,日落后降温也快,这是由于不同下垫面具有不同热容量及升温速率造成的。

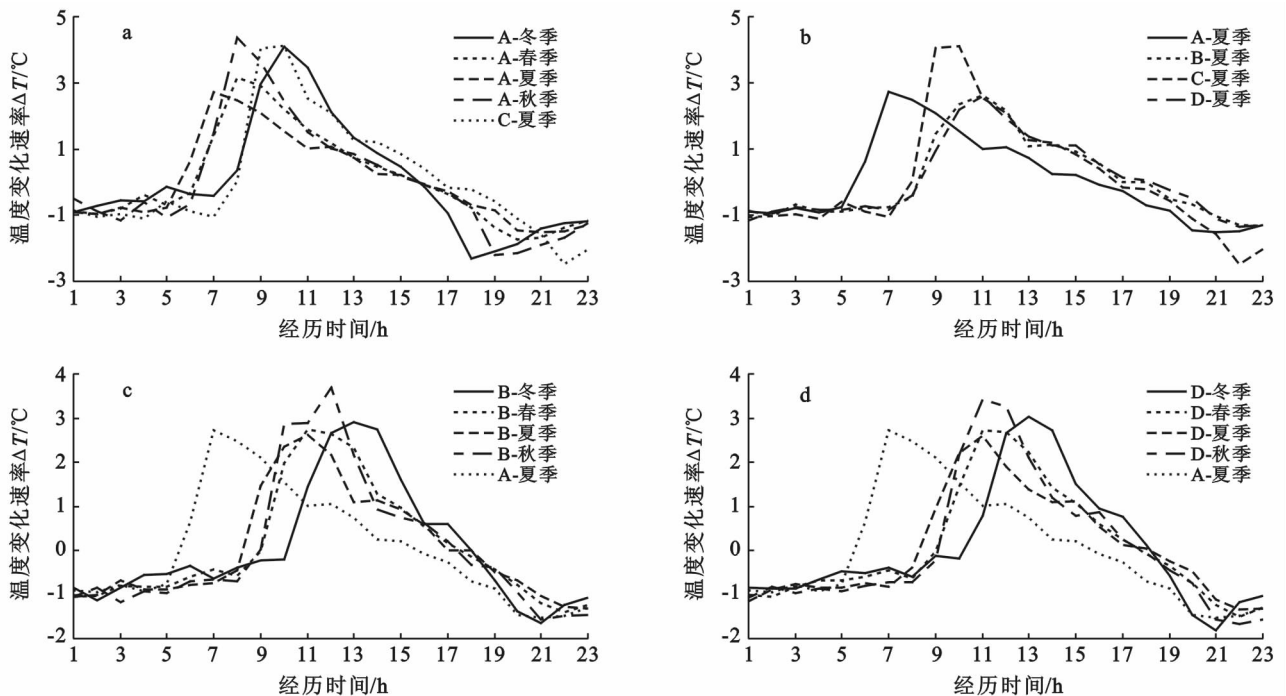


图 3 研究区不同下垫面四季平均温度日变化速率

2.2 比湿变化特征

塔克拉玛干沙漠腹地属于极端干旱区,降水稀少,

植被覆盖度低,比湿较小,比湿具有季节变化趋势。夏季最大,冬季最小,秋季和春季为过渡季节,平均比湿

介于冬季和夏季之间,秋季大于春季。A,B,C,D 站夏季平均比湿分别为 0.055,0.039,0.046 和 0.026 g/kg,冬季平均比湿分别为 0.009,0.01,0.011,0.007 g/kg。研究范围内,7 月降水日数 5 d,降水量 2.4 mm,1,4,9 月均无降水,降水可以增加水汽质量,从而增加比湿,降水日数多的夏季比湿大于其他季节。

如图 4 所示,夏季,比湿日变化最大,呈波动状。C 站全天比湿变化明显,存在一个极大值(09:00,0.071 g/kg)和一个极小值(16:00,0.029 g/kg),A 站 06:00 比湿达到最大,最大值出现较 B,C,D 3 站提前 3 h,B,C 站达到最大值后迅速递减,A,D 站减小缓慢,傍晚后 4 站比湿持续增大,07:00~10:00,C 站比湿大于 A 站,15:00 至次日 11:00,C 站比湿大于

B,D 站,呈现湿岛效应^[25]。春季 A 站比湿变化较为平缓,C 站清晨比湿达到最大值后迅速减小,12:00 后波动递增,B,C 站下降平缓直到凌晨开始缓慢上升,D 站比湿 18:00 最大,夜间波动变化,次日 11:00 开始持续增大。冬季,20:00 至次日 09:00 C 站比湿大于 A 站,12:00~19:00 低于 A 站,可以认为 20:00 至次日 09:00,C 站相对于 A 站是湿岛;冬季 A 站比湿日变化和其他 3 站不同,A 站 11:00 达到最大,午后缓慢减小,次日日出后快速增大,其他 3 站达到最大值后,迅速减小,16:00 减小到最小值后 B,C 站迅速增大,D 站缓慢递增,午夜至清晨,D 站持续增大,B,C 缓慢波动递增;D 站比湿全天均小于其他 3 站。秋季比湿变化趋势与夏季一致,变化幅度较夏季小。

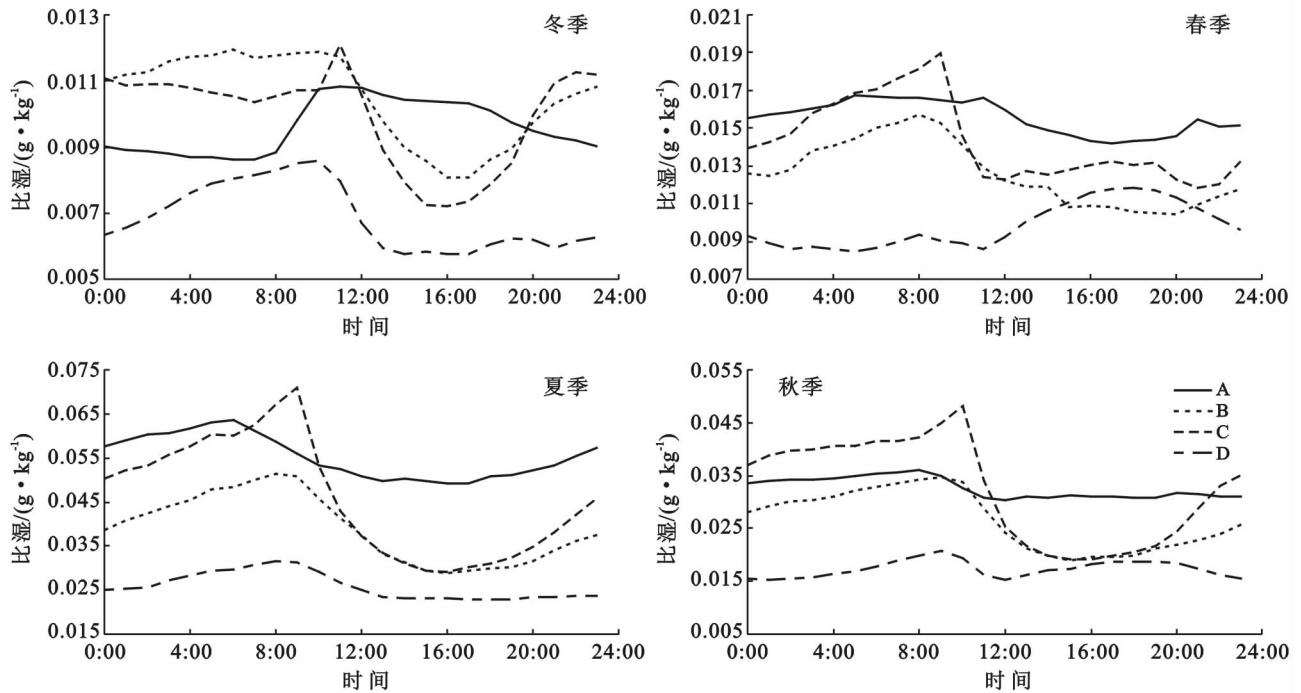


图 4 研究区不同下垫面平均比湿日变化

图 5 分别以绿洲与沙漠、绿洲与绿洲上游边界、绿洲与绿洲下游边界比湿差 Δq 来进一步分析绿洲与沙漠及其边界比湿日变化特征。如图 5 所示,夏季 07:00—10:00, Δq 为正,绿洲平均比湿大于沙漠,为湿岛效应,09:00 湿岛最强,其余时段表现为绿洲干岛。秋季 22:00 至次日 11:00 绿洲为湿岛,冬、春季绿洲湿岛效应不显著。夏季湿岛持续时间很短(3 h),干岛持续时间长,秋季湿岛持续时间最长(14 h),强度最大,可能原因是夏季温度高,蒸发能力强,观测周期内,沙尘天气频发,空气中水汽含量低;秋季沙尘天气少,平均温度低于夏季,夜间时段近地面凝结水过程比夏季长,因此,秋季湿岛持续时间长、强度大。由图 5 可见,春、夏、秋三季夜晚到日出后,

Δq 为正,绿洲对于其上游边界表现为湿岛效应,随着日出后太阳辐射增加, Δq 迅速减小,夏、秋季午后到傍晚湿岛效应不明显,18:00 后,湿岛效应逐渐出现,一直持续到次日 12:00,春季在午后及夜间都出现了湿岛效应,持续时间长,但强度较弱。冬季 20:00—00:00 有较弱湿岛效应,其余时段存在干岛效应且较弱。由图 5 可知,四季 Δq 都为正,也就是说绿洲相对于其下游边界均表现为湿岛效应,但不同季节强度和持续时间有差异。湿岛强度:夏季>秋季>春季>冬季,春、夏、秋季夜晚大于白天,夏、秋季具有明显的峰值,冬季湿岛效应强度较弱。绿洲相对于其边界的湿岛效应与其较大的植被覆盖度有关,植被覆盖度大,植物蒸腾强度增加,对大气具有加湿作用;绿洲上下

游边界温度白天与绿洲相差不大,夜间高于绿洲内部,夜间大气层结稳定,贴地层水汽较日间多,比湿夜间大于日间。

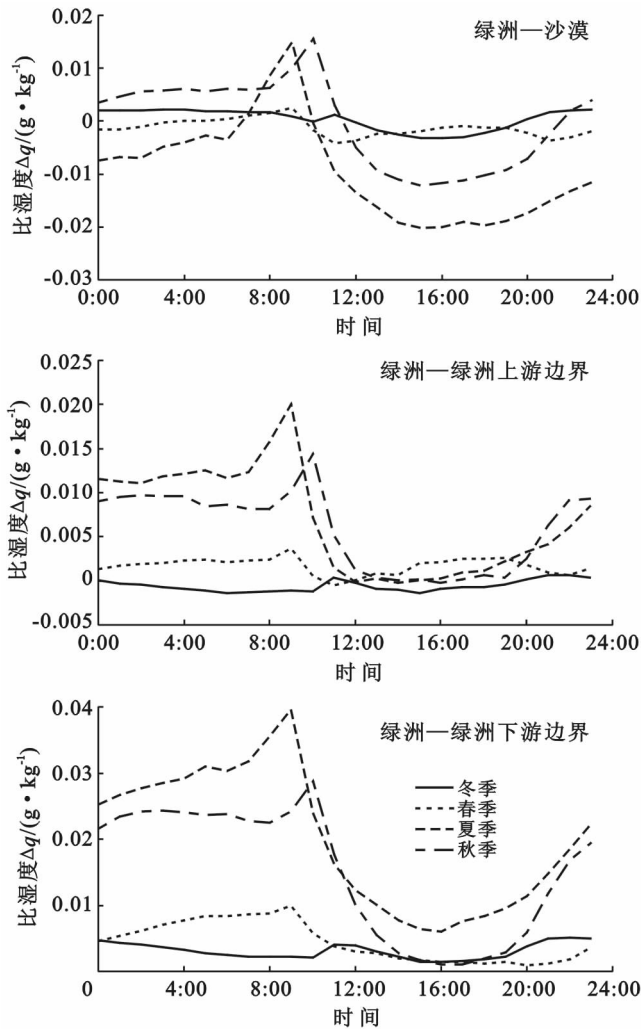


图 5 研究区不同下垫面四季比湿差

2.3 风速变化特征

四季不同下垫面风速日变化一致,白天风速大,夜晚风速小,极值出现时间不同,沙漠极值出现时间提前于其他 3 站。从季节上看,春季平均风速最大,其次为夏、秋季,冬季最小,春季 4 站平均风速 2.07 m/s,冬季 0.85 m/s,相差 2.4 倍。春季 A,B,C,D 4 站日风速差分别为 3.01,2.24,1.78 和 1.96 m/s,冬季分别为 2.16,1.69,1.23 和 1.56 m/s,日风速差沙漠最大,绿洲最小。四季不同下垫面风速大小为:A 站>B 站>D 站>C 站,沙漠风速变化幅度最大,是由于日出后太阳辐射增强,早间湍流发展,各层空气充分混合,近地面风速明显增大,午后湍流发展旺盛,风速达到最大;夜间边界层稳定,湍流较弱,不同下垫面风速差逐渐缩小,绿洲风速值及变化幅度最小。

图 6 为 A 站不同季节风速日变化特征,可以看

出春季沙漠各个时段风速均大于其他季节,夏季次之,秋季及冬季风速较小。春季 06:00 到 16:00 平均风速从 1.77 m/s 增加到 4.78 m/s,增大 2.7 倍,17:00 开始,风速逐渐减小,夜间风速值趋于稳定。塔中沙漠腹地春季平均风速最大,夏季植被覆盖度最高,通过比较春、夏季绿洲上游边界与沙漠、绿洲与沙漠(图 7)的风速递减率有助于进一步地了解其小气候特征。图 7 给出了风速递减率的结论,绿洲均高于绿洲上游边界,绿洲春、夏季分别为 67.8%,71.1%,绿洲上游边界分别为 34.8%和 30%,说明随着植被覆盖度的增加,空气动力学粗糙度增大,风速降低程度越大^[26]。

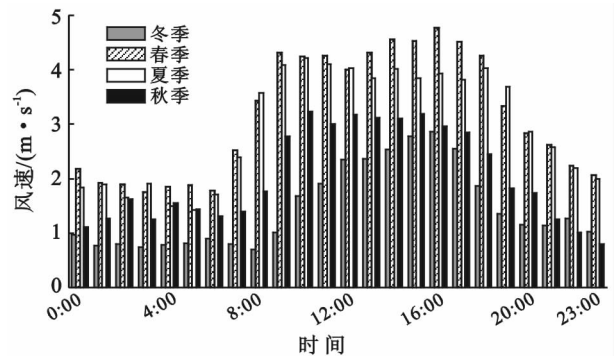


图 6 沙漠不同季节平均风速日变化(A)站

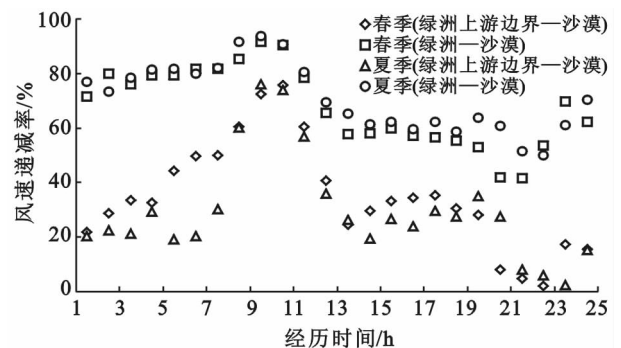


图 7 春夏两季绿洲上游边界与沙漠、绿洲与沙漠风速递减率

3 讨论与结论

(1) 下垫面辐射状况和湍流运动的变化,导致不同下垫面的温度日变化周期不一致,但变化趋势基本相同。沙漠在升温 and 降温过程中变化速率最快,绿洲在升温 and 降温过程中变化幅度最大,绿洲上、下游边界升温时段滞后于沙漠和绿洲,降温时段滞后于沙漠,与绿洲基本同步。绿洲与沙漠不同季节凌晨到日出前属冷热岛过渡期,清晨到午后绿洲属冷岛,午后到凌晨绿洲温度高于沙漠,属热岛,主要原因除了植被对湍流的削弱作用超过对辐射的削弱作用外,还有可能因为沙漠腹地沙生植物的水分生理生态特征决

定,某些植物蒸腾速率一直较小,并且在上午达到蒸腾高峰后,随后气孔就渐渐关闭直到傍晚,这样可以免去下午过多的蒸腾失水^[27]。

(2) 塔克拉玛干沙漠腹地比湿具有季节变化特征,夏季比湿最大,冬季最小,秋季和春季为过渡季节。绿洲相对于沙漠的湿岛效应夏季持续时间短,秋季持续时间最长,最强湿岛也发生在秋季,原因可能是夏季平均温度较高,蒸发量大,秋季较夏季沙尘日数少,平均温度低。春、夏、秋三季夜晚到日出后,绿洲对于其上游边界表现为湿岛效应,冬季湿岛效应不明显,四季绿洲相对于其下游边界全天均表现为湿岛效应,不同季节强度和持续时间有差异。

(3) 风速的日变化主要决定于湍流交换的日变化,白天,湍流加强,风速加强,夜间,大气稳定、湍流较弱,风速也不断减小,沙漠站极值出现时间提前于其他 3 站,风速及其变化幅度最大,绿洲最小,这是因为当气流经过绿洲后,植被能消耗气流的动能或动量,使得气流进入绿洲后风速立即减弱,起到了风速屏障的作用^[28]。不同季节风速日变化春季最大,冬季最小,春季沙漠腹地太阳辐射增强,大气层结不稳定,风速增大导致沙尘频发。在春、夏风速递减率,绿洲均高于绿洲上游边界。

(4) 沙漠与绿洲小气候差异的工作,在以后的研究中可以增加近地层观测高度,结合不同梯度分析各气象要素垂直廓线特征,同时采用涡度相关法等分析湍流特征,将有利于深入掌握其小气候特征。

(5) 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地形成的绿洲“冷岛”、“湿岛”等小气候效应,对于利用水资源和植被生长都是有利的,沙漠、过渡带与绿洲之间的能量反馈机制还需要进一步深入研究。

[参 考 文 献]

[1] Ehleringer J, Mooney H A, Berry J A. Photosynthesis and microclimate of *Camissonia Claviformis*, a desert winter annual[J]. *Ecology*, 1979, 60(2):280-286.

[2] Ackerman S A, Inoue T. Radiation energy budget studies using collocated AVHRR and ERBE observations [J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1994, 33(3):370-378.

[3] Warner T T, Sheu R S. Multiscale local forcing of the Arabian desert daytime boundary layer, and implications for the dispersion of surface-released contaminants[J]. *Journal of Applied Meteorology*, 1991, 39(5):686-707.

[4] Viles H A. Microclimate and weathering in the central Namib Desert, Namibia[J]. *Geomorphology*, 2005, 67(1-2):189-209.

[5] D'Odorico P, Fuentes J D, Pockman W T, et al. Posi-

itive feedback between microclimate and shrub encroachment in the Northern Chihuahuan desert[J]. *Ecosphere*, 2010, 1(16):541-549.

- [6] Mao Donglei, Lei Jiaqiang, Zhao Ying, et al. Effects of variability in landscape types on the microclimate across a desert-oasis region on the southern margins of the Tarim Basin, China[J]. *Arid Land Research & Management*, 2016, 30(1):89-104.
- [7] 魏文寿,崔彩霞,尚华明,等.沙漠气象学[M].北京:气象出版社,2008:224-225.
- [8] 何清,魏文寿,李祥余,等.塔克拉玛干沙漠腹地沙尘暴过境时近地层风速、温度和湿度廓线特征[J].沙漠与绿洲气象,2008,2(6):6-11.
- [9] 刘海波.新疆塔中石油基地绿化的小气候效应研究[D].新疆乌鲁木齐:新疆师范大学,2007.
- [10] 顾峰雪,文启凯,潘伯荣,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地风沙土的土壤酶活性研究[J].中国沙漠,2000,20(3):293-297.
- [11] 顾峰雪,文启凯,潘伯荣,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地风沙土的理化性质研究[J].中国沙漠,2000,14(1):74-79.
- [12] 单娜娜,文启凯,潘伯荣,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地条件下微量元素变化规律研究[J].新疆农业大学学报,2001,24(2):9-16.
- [13] 单娜娜,潘伯荣,文启凯,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地土壤微生物生态学特性研究[J].干旱区研究,2001,18(4):52-56.
- [14] 周智彬,李培军.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地土壤中微生物的生态分布及其与土壤因子间的关系[J].应用生态学报,2003,14(8):1246-1250.
- [15] 王健,桑长青,何清,等.塔克拉玛干沙漠公路中断两侧不同下垫面的小气候分析[J].中国沙漠,2003,23(5):577-580.
- [16] 艾力·买买提明,杨青,阿吉古丽·沙依提,等.塔中油田作业区防护林带的小气候效应[J].中国沙漠,2005,25(4):535-540.
- [17] 严坤,李生宇,雷加强,等.塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地生长季的小气候特征[J].水土保持通报,2010,30(2):198-202.
- [18] 申建友,何宗颖,李胜功,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):44-51.
- [19] 何志辉,李生宇,王海峰,等.塔克拉玛干沙漠 4 种结构尼龙阻沙网的防风阻沙效益对比[J].干旱区研究,2014,31(2):369-374.
- [20] 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,2005.
- [21] 毛东雷,雷加强,李生宇,等.策勒绿洲—沙漠过渡带小气候的空间差异[J].中国沙漠,2013,33(5):1501-1510.

- [4] 宋家水,李英涛,宋宇,等. 农业面源污染的研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(11):362-365.
- [5] 郑粉莉,李靖,刘国彬. 国外农业非点源污染(面源污染)研究动态[J]. 水土保持研究,2004,11(4):64-65,112.
- [6] 张玉斌,郑粉莉,武敏. 土壤侵蚀引起的农业非点源污染研究进展[J]. 水科学进展,2007,18(1):123-132.
- [7] Lovejoy S B, Lee J G, Randhir T O, et al. Research needs for water quality management in the 21st century: A spatial decision support system [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1997,52(1):18-22.
- [8] 姜世英,韩鹏,贾振邦,等. 南水北调中线丹江口库区农业面源污染 PSR 评价与基于 GIS 的空间特征分析[J]. 农业环境科学学报,2010,29(11):2153-2162.
- [9] 罗海波,刘方,邓为难,等. 贵州省煤矸石堆场径流污染特征及其对溪流水质的影响[J]. 水土保持通报,2010,30(4):148-151.
- [10] 全国农业技术推广服务中心. 土壤分析技术规范[M] (第 2 版). 北京:中国农业出版社,2006.
- [11] 刘兰岚. 降雨产流计算中径流曲线法(SCS 模型)局限性的探讨[J]. 环境科学与管理,2013,38(5):64-68.
- [12] 高扬,朱波,缪驰远,等. SCS 模型在紫色土坡地降雨径流量估算中的运用[J]. 中国农学通报,2006,22(11):396-400.
- [13] 王业耀,汪太明,香宝. SCS 模型中城市地区土壤 AMC 确定方法的改进及应用研究[J]. 水文,2011,31(4):23-27.
- [14] 郭晓军,崔鹏,庄建琦,等. SCS 模型在泥石流多发区降雨—径流模拟中的应用:以云南省蒋家沟流域为例[J]. 水土保持通报,2010,30(2):225-229.
- [15] 董文涛,程先富,张群,等. SCS-CN 模型在巢湖流域地表产流估算中的应用[J]. 水土保持通报,2012,32(3):174-177.
- [16] 王亦宁,毛明海. 桐庐县分水江流域面源污染评价及防治对策[J]. 科技通报,2008,24(5):721-726.
- [17] Huang Mingbin, Gallichand J, Wang Zhanli, et al. A modification to the soil conservation service number method for steep slopes in the loess plateau of China [J]. Hydrological Process, 2006,20(3):579-589.
- [18] 陈正维,刘兴年,朱波. 基于 SCS-CN 模型的紫色土坡地径流预测[J]. 农业工程学报,2014,30(7):72-81.
- [19] 王红雷,王秀茹,王希. 利用 SCS-CN 方法估算流域可收集雨水资源量[J]. 农业工程学报,2012,28(12):86-91.
- [20] 朱明勇,谭淑端,张全发. 近 60 年汉江流域侵蚀性降雨的时空变化特征[J]. 生态环境学报,2013,22(9):1544-1549.
- [21] Williams J R, Laseur W V. Water yield model using SCS curve numbers[J]. Journal of Hydraulics Division ASCE, 1976,102(9):1241-1253.
- [22] 张钰娟,穆兴民,王飞. 径流曲线数模型(SCS-CN)参数 λ 在黄土丘陵区的率定[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(5):124-128.
- [23] 李常斌,秦将为,李金标. 计算 CN 值及其在黄土高原典型流域降雨—径流模拟中的应用[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(8):67-70.
- [24] 黄文敏,毕永红,胡征宇,等. 丹江口水库农业面源污染特征研究[J]. 环境科学与管理,2012,37(1):33-38.

(上接第 82 页)

- [22] 苏从先,胡隐樵,张永丰,等. 河西地区绿洲的小气候特征和“冷岛效应”[J]. 大气科学,1987,11(4):390-396.
- [23] 翁笃鸣,陈万隆,沈觉成,等. 小气候与农田小气候[M]. 北京:农业出版社,1979:213-301.
- [24] 刘树华,辛国君,陈荷生,等. 沙漠人工林植被和流动沙丘的小气候特征研究[J]. 干旱区地理,1994,17(1):17-23.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 董学军,杨宝珍,郭柯,等. 几种沙生植物水分生理生态特征的研究[J]. 植物生态学报,1994,18(1):86-94.
- [28] 胡非. 大气边界层的一些空气动力学特征[J]. 力学进展,1990,20(3):328-340.