

广场和草坪夏季微气候及人体舒适度研究

卜 政 花, 周 春 玲, 颜 凤 娟

(青岛农业大学 园林园艺学院 山东 青岛 266109)

摘 要:选择有无遮荫条件下的广场和草坪,于 8:00~18:00 期间,对其温度、相对湿度及风速进行同步测定。结果表明:遮荫条件和下垫面性质都会影响微气候,但遮荫条件对微气候的影响大于下垫面性质的影响。全天除 18:00 时以外,4 种立地条件下的温度排序为:无遮荫广场>无遮荫草坪>遮荫广场>遮荫草坪;相对湿度排序为:遮荫草坪>遮荫广场>无遮荫草坪>无遮荫广场,无遮荫的广场和草坪与遮荫的广场和草坪温度及相对湿度差异均达到了显著水平。除 14:00 时外,风速排序为:无遮荫广场>无遮荫草坪>遮荫广场>遮荫草坪。遮荫条件下的广场和草坪降温增湿效果明显,风速变化幅度较小且整体趋势较为平缓,调节城市微气候的功能显著,人体感觉舒适的时间较长。在炎热的夏季,遮荫广场和遮荫草坪可成为人们户外活动的较佳选择。

关键词:广场;草坪;微气候效应;人体舒适度

中图分类号:S 731.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2010)24—0123—05

随着城市生活的发展和休闲时代的到来,越来越多的人前往户外进行游憩活动,使得长期在室内工作的人们对于户外休闲空间的需求更是与日俱增。城市是个下垫面复杂而不均匀的结构体,不同立地条件下有不同的微气候特征^[1]。城市公园作为城市公共绿地的主要形式,对市民的生活产生着重要影响。城市绿地中的植物通过蒸腾、吸收、吸附、反射太阳辐射等作用,降低周围环境的温度,增加空气的湿度,从而改善城市微气候,可为市民创造出更加舒适的环境。在以往相关研究中,均证明城市绿地对改善空气质量、减轻城市热岛效应、降温增湿及调节小气候等有明显的作用^[2-9]。

人对外界环境的舒感程度,即人体舒适度将直接影响人们进行户外活动的数量和频繁度,是衡量环境状况的重要指标之一。为了衡量不同天气条件下人体舒适状况,国内外学者在长期的研究和实践中,开发了许多表征人体舒适感的指数,如实感温度、不适指数、炎热指数、风寒指数、生理等效温度、体感温度等,这些指数在人体热舒适、生物气候条件评价、气象预报与健康以及城市规划等方面得到了广泛应用^[7-11]。而现有的城市公

共绿地,发挥的生态效益如何,能否满足广大使用者的需求,这是值得研究的。现通过对城市公园内有无遮荫条件下的广场和草坪的温湿度及风速进行量化研究,探讨不同遮荫条件下,广场和草坪的降温增湿效应及其对人体舒适度的影响,以期营造舒适的户外环境提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验地位于青岛奥林匹克雕塑文化园,该公园坐落于青岛市城阳区绿色中轴线南端,城阳区地处北温带季风区域,属温带季风大陆性气候,自然条件优越。年平均气温 12.6℃,1 月最低,月平均气温 -2℃,8 月最高,年极端最高气温 38.2℃,年极端最低气温 -21.2℃。平均降水量 714.6 mm,全年日照时数为 2 607 h,年平均降雨天数 84.3 d,冬季多北风、西北风,夏季多南风,东南风。公园占地 43 万 m²,基地呈三角形,东西长 1 000 m,南北宽 800 m,绿地 29.8 万 m²,水面 12 万 m²,广场 3.42 万 m²。

1.2 试验地设置

广场和草坪是城市公园中常见的绿地下垫面类型,同时有无遮荫也对小气候有明显影响,因此选择了 4 种立地条件研究其对温湿效应及其对人体舒适度的影响(表 1)。

1.3 测试内容与方法

试验选择在夏季高温及对市民工作与生活影响较大的白天进行。在每个测试地点,距地面 1.5 m 处分别用光温湿度记录仪和便携式风速仪测定温湿度及风速

第一作者简介:卜 政花(1984),女,在读硕士,现从事园林植物应用方面研究工作。E-mail: buzhenhuahao@163.com。

通讯作者:周春玲(1975),女,在读博士,副教授,现从事园林植物应用方面研究工作。E-mail: zhou.chl@sina.com。

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点资助项目(2006BAD07B09)。

收稿日期:2010-10-18

每隔 2 h 记录 1 次数据。试验于 2009 年 6 月 5~10 日, 选择晴朗天气, 连续观测 6 d, 每日观测时间为 8:00~18:00。数据使用 Microsoft Office Excel 和 Spss 13.0 分析软件进行处理。

表 1 测试样地的环境特性			
测点	遮荫条件		环境概述
广场	A	有遮荫	位于公园东门入口处 地面为硬质材料铺装, 紫藤廊架遮荫 郁闭度 80%
	B	无遮荫	位于公园东门入口处 地面为硬质材料铺装
草坪	C	有遮荫	位于公园西北角, 此处草坪为国槐遮荫 郁闭度 80%
	D	无遮荫	位于公园西北角, 草坪草生长情况良好, 无裸露部分

1.4 测试仪器

测试仪器采用 ECA-SC01 光温湿度记录仪和 testo405-V1 便携式风速仪, 各 4 台。温度测定范围为 0~50℃, 误差<0.2℃; 相对湿度测定范围为 0~100%, 误差<3%。风速的量程为 0~10 m/s, 精度为 ±(0.1 m/s+5%测量值), 分辨率为 0.01 m/s。

1.5 人体舒适度的研究方法

人体舒适度是以人类机体与近地大气之间的热交换原理为基础, 从气象角度评价人类在不同气候条件下舒适感的一项生物气象指标^[2]。选择吴结晶^[3]等针对青岛夏季而使用的暑热指数来表征人体舒适感受, 该指数是以体感温度为基础, 经过修订而确定的。

体感温度的计算: $T_G = T_A + T_U - T_V$ 。其中, T_G 为体感温度, T_A 为最高气温, T_U 为平均相对湿度对体感温度的修正, T_V 为平均风速造成的降温值。体感温度划分成为 8 个区间, 分别对应着不同的暑热指数及人体感受(表 2)。

表 2 体感温度与暑热指数、人体感受的对应关系		
体感温度/℃	暑热指数	人体感受
≥29.0	8	极端炎热
27.0~28.9	7	酷热
25.0~26.9	6	闷热
23.5~24.9	5	稍热
18.0~23.4	4	舒适
15.5~17.9	3	稍凉
13.5~15.4	2	较凉
<13.5	1	很凉

2 结果与分析

在试验观测中, 天气以晴朗为主, 但有时云量不稳定, 为了减少不同天气变化引起的误差, 数据处理中, 取 3 d 天气状况最为一致的数据进行分析。

2.1 广场与草坪的温度比较

2.1.1 每日温度比较 在测定的 3 d 中, 有无遮荫的广场和草坪温度值虽有不同, 但变化趋势基本一致, 都是先升高后降低, 且在 14:00 时达到一天的最高值(图 1)。空气温度是随太阳辐射强度的变化而变化的, 但不同下垫面对太阳辐射强度有不同的影响, 尤其是在太阳辐射较强时, 这种影响表现的更为明显。在有遮荫和无遮荫条件下, 广场和草坪的温度于 10:00~16:00 时, 均表现为广场高于草坪, 原因就是与广场相比, 草坪能更有效地吸收太阳辐射, 降低地面辐射强度, 同时, 草坪通过蒸腾散热作用也可降低空气温度。除 18:00 时外, 无遮荫的广场和草坪温度均远高于遮荫的广场和草坪。原因是高大的乔木不仅能遮挡太阳直接辐射热, 还能通过蒸腾作用带走大量热量, 从而降低周围温度。在炎热的夏季, 持续高温严重影响人们的户外活动, 遮荫条件下的广场和草坪有着相对较低的温度, 可以缩短高温持续时间, 延长人们户外活动的时

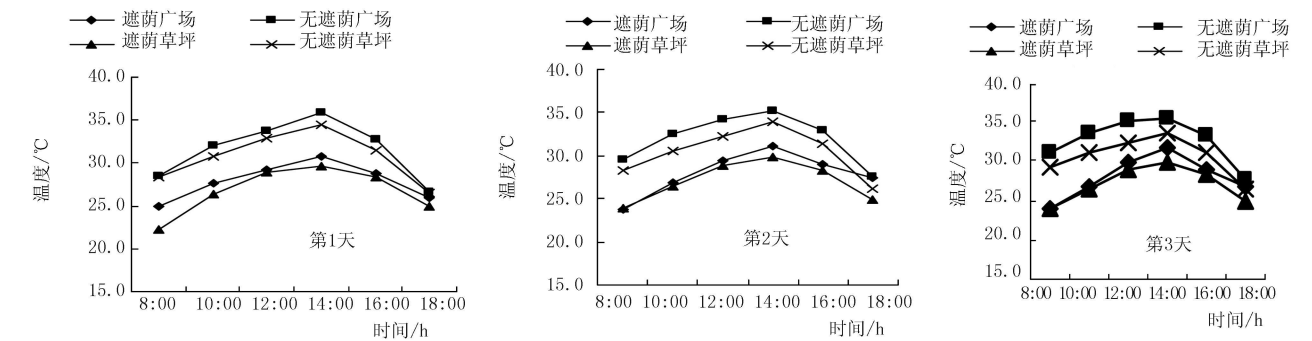


图 1 3 d 温度变化

2.1.2 3 d 平均温度比较 将 3 d 同一时间段的温度进行平均, 得出 3 d 的日平均温度, 其变化趋势如图 2 所示。8:00~16:00 时, 有无遮荫的广场和草坪温度排序为: 无遮荫广场>无遮荫草坪>遮荫广场>遮荫草坪。与无遮荫广场相比, 无遮荫草坪降温幅度为 0.9~

1.8℃, 平均值为 1.4℃; 遮荫广场降温幅度为 0.6~5.5℃, 平均值为 4.1℃; 遮荫草坪降温幅度为 2.5~6.3℃, 平均值为 5.1℃。除 18:00 时以外的任何时刻, 遮荫的广场和草坪与无遮荫的广场和草坪温度差异均达到了极显著水平(表 3); 而从 8:00~12:00, 遮荫广场和

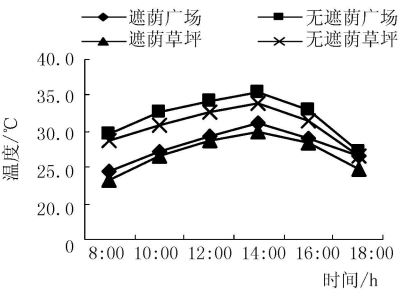


图2 3 d 平均温度值

遮荫草坪的温度差异不显著, 此后的 3 个时间段差异极显著; 8:00 和 18:00 时, 无遮荫的广场和草坪差异不显著, 但在 10:00 ~ 16:00 期间, 二者差异极显著; 这说明是否有遮荫和下垫面性质都会影响微气候, 但相对而言是否遮荫对温度的影响要大于下垫面性质的影响。值得注意的是在 18:00, 4 种立地条件的温度排序为: 无遮荫广场 > 遮荫广场 > 无遮荫草坪 > 遮荫草坪, 且前三者之间的差异不显著, 而与遮荫草坪之间的差异极显著。分析原因可能是此时太阳辐射强度减弱, 无遮荫草坪上空

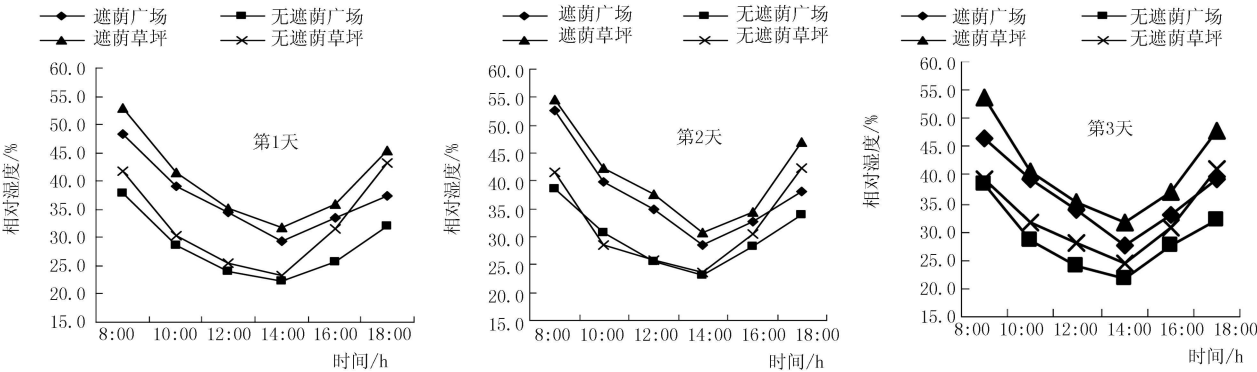


图3 3 d 相对湿度变化

水分, 从而提高了空气的相对湿度。除 18:00 时外, 无遮荫的广场和草坪相对湿度均低于遮荫的广场和草坪。原因是遮荫条件下的广场和草坪有乔木的遮挡, 在近地面与树冠之间形成了一个保护层, 使得内部环境相对稳定, 可以保持较高的湿度。

2.2.2 3 d 平均相对湿度比较 将 3 d 同一时间段的相对湿度进行平均, 得出 3 d 的日平均相对湿度, 其变化趋势如图 4 所示。在 8:00 ~ 16:00 期间, 有无遮荫的广场和草坪相对湿度排序为: 遮荫草坪 > 遮荫广场 > 无遮荫草坪 > 无遮荫广场。与无遮荫广场相比, 无遮荫草坪增湿幅度为 0.8 ~ 9.5%, 平均值为 3.2%; 遮荫广场增湿幅度为 5.6 ~ 10.9%, 平均值为 8.1%; 遮荫草坪增湿幅度为 8.6 ~ 15.3%, 平均值为 11.8%。除 16:00 时外, 遮荫的广场和草坪与无遮荫的广场和草坪相对湿度差异均达到了极显著水平(表 4); 而从 8:00 ~ 12:00 遮荫广场和遮荫草坪的相对湿度差异不显著, 此后的 14:00 和

空旷, 无树木遮挡 有利于空气对流和散热, 使得周围温度下降较快; 而遮荫广场由于遮荫所形成较为稳定的内部环境, 对外界环境具有一定的缓解能力, 温度下降较慢。

表 3 不同立地条件温度的多重比较

	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
遮荫广场	24.3Hb	27.1Cc	29.5Cc	31.2Cc	28.9Cc	26.7Aa
无遮荫广场	29.6Aa	32.6Aa	34.3Aa	35.5Aa	32.9Aa	27.3Aa
遮荫草坪	23.3Hb	26.5Cc	28.9Cc	29.8Dd	28.3Dd	24.9Hb
无遮荫草坪	28.7Aa	30.8Bb	32.5Bb	33.9Bb	31.4Bb	26.4Aa

注: 邓肯氏新复极差测验, 同列不同大写字母标记的数值表示差异极显著 ($P < 0.01$), 小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

2.2 广场与草坪的相对湿度比较

2.2.1 每日相对湿度比较 在试验测定的 3 d 中, 有无遮荫广场和草坪的相对湿度值虽有不同, 但变化趋势基本一致, 都是先降低后升高, 且在 14:00 时达到一天的最低值, 这正好与温度的变化趋势相反(图 3)。在遮荫条件下, 草坪的相对湿度一直高于广场; 而无遮荫条件下, 除第 2 天 8:00 时草坪低于广场外, 其余时间也是草坪高于广场, 这主要是草坪草进行呼吸作用, 向空气中释放

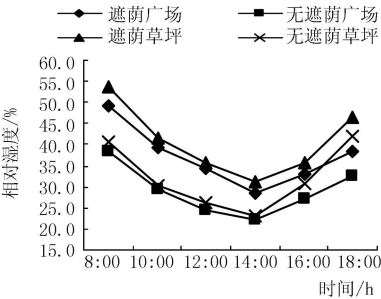


图4 3 d 平均相对湿度值

18:00 时差异极显著, 而 16:00 时只达到显著水平, 8:00 ~ 14:00 时, 无遮荫的广场和草坪差异不显著, 在 16:00 ~ 18:00 期间, 二者差异极显著。可见, 在炎热的夏季, 与无遮荫条件相比, 遮荫条件增湿效果更加明显, 这主要是遮荫能使环境的内部形成较为稳定的空间, 可保持较高的环境湿度。而广场和草坪之间的相对湿度

在有遮荫和无遮荫条件下,均表现为草坪高于广场,与广场相比,草坪对环境的增湿效果更佳。

表 4 不同立地条件相对湿度的多重比较

	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
遮荫广场	49.3Ab	39.5Ab	34.6Aa	28.6Bb	33.0ABb	38.2Cc
无遮荫广场	38.3Bc	29.3Bc	24.5Bb	22.4Cc	27.2Cd	32.6Dd
遮荫草坪	53.7Aa	41.6Aa	35.9Aa	31.4Aa	35.8Aa	46.6Aa
无遮荫草坪	40.8Bc	30.2Bc	26.4Bb	23.2Cc	30.9Bc	42.1Bb

2.3 广场与草坪的风速比较

2.3.1 风速日变化比较 在试验测定的 3 d 中,有无遮

荫广场和有无遮荫草坪的风速日变化如图 5 所示。从图 5 可看出,风速也有一定的日变化规律,均是早晨和傍晚的风速较小,正午前后的风速较大。风速的这种日变化主要是由下垫面一天中受太阳辐射热不同而引起的,日出以后,地面逐渐受热,上下层空气的湍流交换开始加强,上层空气的动量下传使得近地层空气获得动量,风速逐渐增大之后,地面温度逐渐下降,湍流交换逐渐减弱,近地层空气得不到动量或得到很少上层空气传来的动量,风速随之减小^[4]。

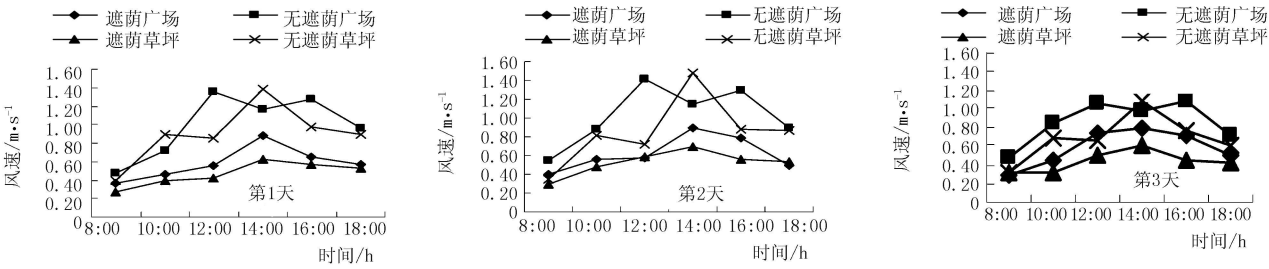


图 5 3 d 平均风速值

2.3.2 日平均风速比较 将 3 d 同一时间段的风速进行平均,得出 3 d 的日平均风速(图 6)。由图 6 可知,无遮荫的广场和草坪日变化幅度较大,均出现了 2 次高峰,但峰值出现的时间有所不同,无遮荫广场出现在 12:00 和 16:00 时,无遮荫草坪出现在 10:00 和 14:00 时;而遮荫的广场和草坪日变化幅度较小,仅在 14:00 时出现 1 次高峰,且整体变化趋势较为平缓。除 14:00 时以外,有无遮荫的广场和草坪风速排序为:无遮荫广场>无遮荫草坪>遮荫广场>遮荫草坪。在一天当中,遮荫的广场和草坪之间风速差异不显著(表 5);无遮荫的广场和草坪在 10:00、14:00 及 18:00 时差异不显著,其它 3 个时刻差异显著;除 14:00 时以外的任何时刻,遮荫广场和无遮荫广场的风速差异均显著;而遮荫草坪与无遮荫草坪在 8:00 和 12:00 时差异不显著,其余时刻差异显著。由以上分析可知,遮荫条件和下垫面性质都会对风速产生一定的影响,但相对而言遮荫条件对风速的影响更大。分析其原因可能是风速日变化主要取决于湍流交换的日变化,无遮荫广场和无遮荫草坪的空间较为开阔,易受湍流的影响,使得风速波动较大,而遮荫环境的内部较为稳定,受湍流影响较小,所以风速的波动较小。

2.4 广场与草坪的人体舒适度比较

由于体感温度可以表征人体舒适度,所以根据吴晶晶^[13]等针对青岛夏季而使用的体感温度公式计算 4 种不同立地环境的人体舒适度指数(又称暑热指数),如图 7 所示。参考体感温度与暑热指数、人体感受的对应关系(表 2)可知,在炎热的夏季,人体感觉舒适的体感温度值在 18.0~23.4℃之间,越小于 18.0℃或越大于 23.4℃

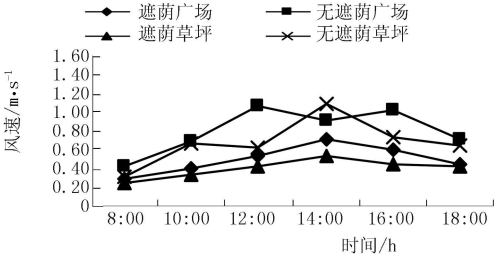


图 6 3 d 平均风速值

表 5 不同立地条件风速的多重比较

	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
遮荫广场	0.40Ab	0.56ABb	0.74Bb	0.98BCbc	0.83Bbc	0.60Bb
无遮荫广场	0.58Aa	0.94Aa	1.45Aa	1.25ABab	1.39Aa	0.98Aa
遮荫草坪	0.34Ab	0.44Bb	0.58Bb	0.74Cc	0.60Bc	0.57Bb
无遮荫草坪	0.41Ab	0.91Aa	0.85Bb	1.49Aa	0.99ABb	0.88Aa

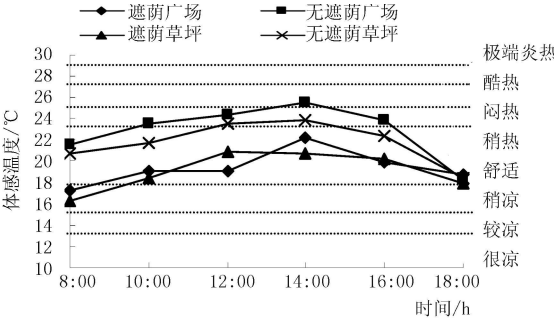


图 7 广场和草坪不同时刻的体感温度

时,人体感觉分别会向渐冷和渐热的方向发展。

一天当中,遮荫的广场和草坪除了在 8:00 时人体感觉稍凉外(15.5~17.9℃),其余时刻均属于人体感觉舒适的范围(18.0~23.4℃);无遮荫广场在 8:00 和

18:00 时, 人体感觉舒适, 而从 10:00 ~ 16:00 时, 均不在人体感觉舒适的范围, 其中 14:00 时属于闷热范围(25.0 ~ 26.9℃), 余下的 3 个时刻属于稍热范围(23.5 ~ 24.9℃); 无遮荫草坪除了 12:00 和 14:00 时, 人体感觉稍热外, 其余 4 个时刻均在舒适范围之内。可见, 在遮荫的广场和草坪, 人体感觉舒适的时间最长, 其次是无遮荫草坪, 而无遮荫广场上感觉舒适的时间最短。

在 4 种不同的立地条件下, 遮荫的广场和草坪能明显改善城市绿地微气候, 人体感觉舒适的时间较长, 是夏季人们户外活动的较佳选择。而无遮荫的广场和草坪在正午前后温度较高, 尤其是无遮荫广场, 其极端的高温会导致中暑等发生, 在此期间应尽量减少外出活动时间。

3 结论与讨论

在 4 种立地环境中, 不同的遮荫和下垫面性质都对微气候产生一定的影响, 但相比而言, 遮荫条件对微气候的影响要大于下垫面性质的影响。

姜德君^[15]等人通过对夏季不同下垫面的气温、风速、相对湿度等观测资料进行统计分析指出, 下垫面性质的差异只起到加强或缓和气象要素日变化幅度的作用, 并不改变其日变化规律, 这与该文关于温度和湿度的结论一致, 但与风速的日变化规律不太一致。该试验中, 广场和草坪的风速在无遮荫条件下都出现 2 次峰值, 广场是在 12:00 和 16:00 时, 而草坪是在 10:00 和 14:00 时, 草坪峰值的出现比广场提前了 2 h。分析原因可能是与无遮荫广场相比, 无遮荫草坪的面积较大且周围更加开阔, 日出以后, 随着太阳辐射的增强, 更加有利于湍流交换。

该试验在研究有无遮荫的广场和草坪在改善人体舒适度时, 只考虑了温度、相对湿度及风速等环境因子,

而影响人体舒适度的因素除了环境因素以外, 还受到其它因素的影响, 如人体生理因素和心理因素的调节, 这还有待于进一步研究探讨。

参考文献

[1] 曹丹, 周立晨, 毛义伟, 等. 上海城市公共开放空间夏季小气候及舒适度[J]. 应用生态学报 2008 19(8): 1797-1802.
[2] 唐罗忠, 李职奇, 严春风, 等. 不同类型绿地对南京热岛效应的缓解作用[J]. 生态环境学报 2009 18(1): 23-28.
[3] 马秀梅, 李吉. 不同绿地类型对城市小气候的影响[J]. 河北林果科技, 2007, 22(2): 210-213, 226.
[4] 康博文, 王得祥, 刘建军, 等. 城市不同绿地类型降温增湿效应的研究[J]. 西北林学院学报 2005 20(2): 54-56.
[5] 鲍厚松, 楼建华, 曾兴宇, 等. 杭州城市园林绿化对小气候的影响[J]. 浙江大学学报, 2001, 27(4): 415-418.
[6] 郑芷青, 蔡莹洁, 陈城莹. 广州不同园林绿地温湿效应的比较研究[J]. 广州大学学报 2006 5(1): 37-41.
[7] Thom E C. The discomfort index [J]. Weatherwise, 1959, 12(1): 57-60.
[8] Hoppe P R. The physiological equivalent temperature a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment [J]. International Journal of Biometeorology, 1999, 43(2): 71-75.
[9] 吴菲, 李树华, 刘娇妹. 林下广场、无林广场和草坪的温湿度及人体舒适度[J]. 生态学报, 2007, 27(7): 2964-2971.
[10] Höppe P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort [J]. Energy Build, 2002, 34: 661-665.
[11] 王远飞, 沈愈. 上海市夏季温湿效应与人体舒适度[J]. 华东师范大学学报 1998(3): 60-66.
[12] 刘梅, 于波. 人体舒适度研究现状及其开发应用前景[J]. 气象科技 2002, 30(3): 11-18.
[13] 吴结晶, 李瑞光, 穆美舒, 等. 青岛市区夏季暑热指数初探[J]. 气象 2000, 26(4): 33-36.
[14] 鲁渊平, 杜继稳, 侯建忠, 等. 陕西省风速风向时空变化特征[J]. 陕西气象 2006(1): 1-4.
[15] 姜德君, 李治民, 孙卫国. 夏季不同下垫面气象要素的对比分析[J]. 气象科技, 2006 34(2): 166-169.

Study on Microclimate and Human Comfort of Square and Lawn in Summer

BU Zheng-hua, ZHOU Chun-ling, YAN Feng-juan

(College of Garden and Horticulture Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: The temperature, relative humidity and wind of square and lawn under shaded and non-shaded conditions were measured from 8:00 to 18:00 simultaneously every day. The results showed that both shading and underlying could affect microclimate, but the impact of shading was greater than the underlying. One day except 18:00, the temperature order of four kinds of site condition was: none-shaded square > none-shaded lawn > shaded square > shaded lawn; the relative humidity order was: shaded lawn > shaded square > none-shaded lawn > none-shaded square. The differences of air temperature and relative humidity between square and lawn under different shading reach significance level. The day except 14:00, the wind order was: none-shaded square > none-shaded lawn > shaded square > shaded lawn. The square and lawn under shading had an obvious effect on temperature dropping and humidifying, the range of wind speed was small and the overall trend was more moderate, they had the best effects on the adjustment of urban microclimate, and the period of the body comfort was longer. In the hot summer, the shaded square and shaded lawn can be the better place for outdoor activities.

Key words: lawn; square; microclimate effects; human comfort