

纯林、混交林型园林绿地的生态效益

刘娇妹 李树华* 吴 菲 刘 剑 张志国

(中国农业大学观赏园艺与园林系 100091)

摘要 :试验选择元大都城垣遗址公园西段 4 块不同结构类型的绿地为研究对象 ,即草坪、刺槐纯林、油松纯林、刺槐-油松混交林 ,每一块试验地的面积在 1000m²左右 ,进行了连续 8d 的测试 ,通过试验观测与调查资料的分析 ,得出 4 块不同结构类型的园林绿地在水平方向和垂直方向上温度、湿度、风速的分布规律及差异。结果表明 ,在水平方向上 ,在 3 种天气条件下 ,油松纯林的水平日平均温度最低、相对湿度最高 ,在晴朗天气一天中的高温时段 ,草坪的温度最高 ,相对湿度最低 ,刺槐-油松混交林的相对湿度最高 ,温度最低。在水平方向上 ,经 SPSS 方差分析 ,4 种绿地间的温、湿度差异均达到显著水平 ($\alpha = 0.05$)。在垂直方向上 ,4 种绿地的温度随着高度的升高逐渐升高 ,而相对湿度则随着高度的升高而逐渐降低 ,相对于其他绿地 ,混交林的温度和相对湿度变化比较复杂。刺槐-油松混交林的降温增湿效果最好 ,草坪的降温增湿效果最差。混交林型绿地降低风速的效果好于 2 种纯林。根据 4 种绿地在夏季的降温增湿效应提出混交林是园林绿地中生态效益较好的植物配置模式并提出了营造城市园林绿地植物景观的建议。

关键词 园林绿地 混交林 生态效益 温度 相对湿度 风速

文章编号 :1000-0933 (2007)02-0674-11 中图分类号 :Q143 Q948 S718 文献标识码 :A

The ecological effects between pure woodland and mixed of urban green space

LIU Jiao-Mei , LI Shu-Hua* , WU Fei , LIU Jian , ZHANG Zhi-Guo

Department of Horticulture and Landscape architecture , China Agricultural University , Beijing 100094 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (2) 0674 ~ 0684.

Abstract :The ecological benefits on urban green space of Yuan Da-Du Park in Beijing were studied in this paper. Four kinds of green space (the lawn , *Robinia pseudoacacia* , *Pinus tabulaeformis* and the mixed woodland) were studied in this experiment. Every trial site area was about 1000m² and the experiment was lasted for eight days sequentially.

In this study , air temperature , relative humidity and wind speed were continuously measured in the four green spaces for horizontal and vertical direction in June , 2006. The results were as follows :

On horizontal direction , for *Pinus tabulaeformis* woodland , the all-day average temperature was lowest and the RH was highest in different three climate conditions. In the high temperature duration of the day , the temperature of lawn was the highest and the RH was the lowest ; for mixed woodland , the temperature was lowest ; for *Pinus tabulaeformis* , the RH was the highest. And in overcast day , *Robinia pseudoacacia* woodland all-day average temperature was highest. The temperature and RH in four green spaces were different significantly at 0.05 level.

On vertical direction , the four green spaces of all-day average temperature increase with the height. The all-day average relative humidity almost descends with height. In the high temperature duration of the day , the average temperature

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (30671718)

收稿日期 2006-08-31 ; 修订日期 2006-12-04

作者简介 刘娇妹 (1976 ~) 女 ,河北乐亭人 ,博士生 ,主要从事园林生态研究. E-mail :ljm627@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail :lishuhua912@163.com

Foundation item :The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30671718)

Received date 2006-08-31 ; **Accepted date** 2006-12-04

Biography :LIU Jiao-Mei , Ph. D. candidate , mainly engaged in landscape ecology. E-mail :ljm627@sina.com

of the lawn and *Pinus tabulaeformis* woodland descend with height ,but *Robinia pseudoacacia* , woodland and the mixed vary undulated.

In addition ,on the effect of lowering wind speed ,mixed woodland better than other green spaces.
Based on these results ,the effects of the mixed woodland on lowering temperature ,increasing relative humidity and lowering speed wind are best. Therefore ,the mixed woodland is the best choice of planting works. At last ,we give some advice for plant landscape building.

Key Words : urban green space ; mixed ; ecological benefits ; temperature ; relative humidity ; wind speed

随着城市人口的增加和城市规模的日益扩大 ,以热岛效应为代表的热环境变化作为影响城市生态环境质量的重要因素 ,越来越引起人们的重视 ,特别是夏季 ,高热酷暑已严重地影响到人们的正常生活和工作。城市绿化具有遮阳、降温、增湿降低风速和改善局地小气候等多种效能 ,从而在一定程度上修补了因城市化而受到损害的自然环境功能。大面积的森林、宽阔的林带、浓密的行道树及其它公园绿地 ,对城市各地段的温湿度有着良好调节作用^[1]。

混交林是由两种以上乃至多树种组成的森林群落 ,园林绿地中的混交林、纯林是城市园林植物所组成植物群落中的常见的栽培植物群落。城市园林绿地随着植物生长 ,绿量的增加 ,城市园林绿地的生态价值不断增加^[2]。通过合理利用乔木、灌木、地被、草坪等多层面的垂直配置 ,能大大增加绿量 ,增强群落稳定性 ,提高绿地总体生态效益 ,达到改善城市生态环境的目的^[3]。利用植物群落结构与功能关系 ,构建单位空间生态功能大的植物群落 ,充分发挥群落整体功能 ,是现代城市生态规划与设计的重要内容 ,也是今后研究的重点^[4]。近年来 ,国内外除了对绿色植物各种生态效益进行大量定量测定外 ,也对植物单体、群落、不同规模的绿地及绿地系统等的综合生态效益进行定性半定量的研究^[5-9]。

在以往有关纯林、混交林的小气候指标研究中^[10-12] ,缺乏有关林地空间层次上的定量化的深入研究。本文试图通过对园林绿地中纯林、混交林不同结构类型绿地的水平和垂直方向上温、湿度的分布规律的定量化研究 ,探讨绿地中不同类型植物群落空间层次上的降温增湿效应 ,以期在改善城市生态环境建设中更好的发挥园林绿地植物群落的生态效益提供理论依据。

1 试验地自然概况

1.1 试验地概况

试验地位于北京市海淀区元大都城垣遗址公园的海淀段 ,南起明光村、北到学知路口转而向东 ,至京昌路与朝阳段接壤 ,与朝阳段连接起来长达 9000m。海淀段公园全长 4200m ,宽 100m 至 160m ,总面积约为 47 万 m²。2002 年改建 ,建成后的元大都城垣遗址公园绿化覆盖率达到 73%。

1.2 试验地植物群落现状

通过北京市现城市绿地中植物的调查 ,本试验中 4 种类型绿地的植物均为最常见的种类 ,也是北方最常见的树种及绿地类型。本试验中的树种主要有刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、草坪植物主要为早熟禾 (*Pop Pratensis*)。本试验中植物群落的调查采用高等教育出版社 2003 年出版的《生态学试验与实习》一书中的植物群落调查方法^[13]。试验地植物群落现状见表 1。

2 试验研究方法

2.1 试验地设置

试验地位于元大都城垣遗址公园的西段 ,试验的绿地类型共有刺槐纯林、油松纯林、刺槐与油松混交林、草坪 4 种 ,4 块绿地中的草坪盖度均为 100% ,混交林的混交模式为带状混交 ,混交比例为 (刺槐:油松)1:3 ,1990 年造林。

表 1 试验地植物群落现状

Table 1 The plant community condition in trial sites					
绿地类型 Green Space	高度 (m) Hight	胸径 (cm) Chest	株数 Number ofplants	绿地面积 (m ²) Area of green space	种植密度 (株/m ²) Planting density
刺槐纯林 <i>Robinia pseudoacacia</i> pure woodland	12	76	18	900	0.02
油松-刺槐混交林 The mixed woodland	5,12	50,76	18,6	1000	0.024
油松纯林 <i>Pinus tabulaeformis</i> pure woodland	5	50	30	1000	0.03
草坪 Grass lawn	0.1	—	—	900	—

2.2 测试内容与方法

在 4 种试验样地上,分为水平与垂直的测试方式。采取水平对角线和垂直梯度取样法。分别测试水平与垂直温度、湿度、风速。晴朗天气连续测试 3d,每 1d 的观测设置为 1 个重复。

在水平方向上从绿地中心开始采取对角线布点法,测试高度为 1.5m,共 8 个观测点;在垂直方向上也从绿地中心,以 1.5m 为间隔,垂直向上布置观测点,起始高度为 1.5m,终止高度为 12m,共 6 个观测点。

各绿地在水平和垂直方向上装有 5 个风标仪测定风速,每天 24h 连续测定,每隔 0.5h 记录一次数据。对 4 块绿地同时在水平与垂直方向测试温、湿度、风速,最后将所得的 4 块绿地的温、湿度、风速加以比较与分析。

试验时间为 2006 年 6 月 11 日开始到 18 日,数据使用 MICROSOFT EXCEL 和 SPSS 12.0 分析软件进行处理。

2.3 测试仪器

试验仪器为 TRM-ZS1 气象、生态环境监测系统 4 台,温度精度为 ±0.1℃,分辨率为 0.1℃,测量范围为 -40~125℃。环境湿度精度为 ±2%,RH 分辨率为 0.5%,RH 测量范围为 1%~99%。风速精度为 ±(0.05+0.03V)m/s(V 为实际风速),分辨率为 0.1m/s,测量范围为 0~60m/s,启动风速≤0.5m/s。

3 结果与讨论

3.1 4 种绿地水平温度

3.1.1 3 种天气条件下的日平均温度

将 3 种天气状况下观测的温度(表 2),进行比较分析,在水平 1.5m 处,日平均气温在多云和晴朗的天气条件下,4 种类型绿地中温度呈现:草坪>刺槐纯林>混交林>油松纯林的趋势(图 1),油松纯林的日平均温度最低,其平均气温较草坪低 1.4~1.7℃。其次为混交林,混交林较草坪低 1.2~1.3℃,刺槐纯林较草坪低 0.5~0.9℃。在阴雨天气条件下,温度呈现如下趋势:刺槐纯林>混交林>油松纯林>草坪,温度最低的为草坪,其次为油松纯林,再次为混交林。4 种类型的绿地中,草坪的降温效果最差,其他 3 种类型的降温增湿效果较好,以草坪为对照,其中油松纯林、混交林的日平均降温范围在 1.2~1.7℃之间,而槐树纯林的降温在 1.0℃以下,在阴雨天温度低的情况下,草坪日平均温度最低的,刺槐纯林的日平均温度最高。

表 2 3 种天气温度平均值

Table 2 The average temperature of three kinds of weather (℃)			
绿地类型 Green space	阴天 Overcast	多云 Cloudy	晴朗 Sunny
草坪 (早熟禾)Grass lawn	19.9	24.6	29.6
刺槐纯林 <i>Robinia pseudoacacia</i> pure woodland	21.2	23.7	29.1
油松-刺槐混交林 The mixed woodland	20.8	23.1	28.4
油松纯林 <i>Pinus tabulaeformis</i> pure woodland	20.5	22.9	28.2

3.1.2 晴朗天气温度日变化

在晴朗天气的温度日变化中 4 种类型绿地平均温度随气温的变化而变化 (图 2)。在一天中 4:00 ~ 6:00 绿地环境中的平均温度较低,中午前后绿地中的温度较高。在低温时间段,刺槐纯林中的温度高于其他绿地中温度,草坪和油松纯林中的温度较低;在高温时间段,即在 12:00 ~ 16:00 之间,混交林中的温度低于其他绿地类型中的温度,草坪中的温度明显高于其他 3 种类型绿地中的温度,尤其注意得是,草坪中的温度随着时间的推移,温度逐渐升高,直到 18:00 时到达温度最高峰,之后温度又骤然下降。由此可以说明,草坪绿地环境在低温时段温度最低,在高温时段温度最高,草坪绿地对外界环境的变化缓解能力小,所以气温变化快,即使在 16:00 之后其他 3 种类型绿地处于降温趋势时,草坪绿地的温度还在持续升高,这是因为草坪绿地较为空旷,遮挡少,高温的持续积累是造成草坪上温度升高的原因,以至于久久不降,直到 18:00 之后才骤然下降。在覆盖度较高的纯林地、混交林地中,温度变化较为缓和,这是因为纯林绿地和混交林绿地环境中乔木的遮荫以及强大的蒸腾作用使绿地环境中的温度在高温时段比草坪低,又由于林地型绿地树冠茂密,形成了一个保护层,对外界环境的变化有一定的缓解能力,林地型绿地内环境相对稳定,因此与其他绿地相比,林地型绿地高温时段温度比草坪低,在低温时段温度比草坪中高。

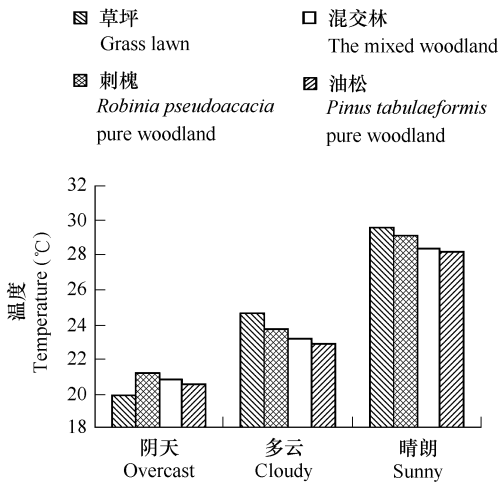


图 1 3 种天气的日平均温度

Fig. 1 The average temperature of three kinds of weather

在一天中,刺槐纯林在温度较低时段温度较高,这说明高大的阔叶刺槐林有利于在低温时段的保温效果较好。在温度较高时段,刺槐-油松混交林气温最低,说明混交林在高温时段的降温效果最好。本试验中的混交林在水平与垂直结构上实为复层结构,混交林相对纯林具备了种间互为作用的环境,提供了充分利用空间的条件,所以混交林在炎热夏季的降温效应优于纯林。

3.1.3 晴朗天气 14:00 的温度

在高温时段中 14:00 为例进行 4 种类型绿地中温度呈现:草坪>油松纯林>刺槐纯林>油松-刺槐混交林的趋势。四种类型的绿地中刺槐-油松混交林的温度最低,混交林比草坪低 1.6℃,刺槐纯林的平均温度比草坪的低 1.1℃,油松纯林比草坪低 0.9℃ (图 3)。

在晴朗天气条件下,连续观测 3d,设每 1d 为 1 个

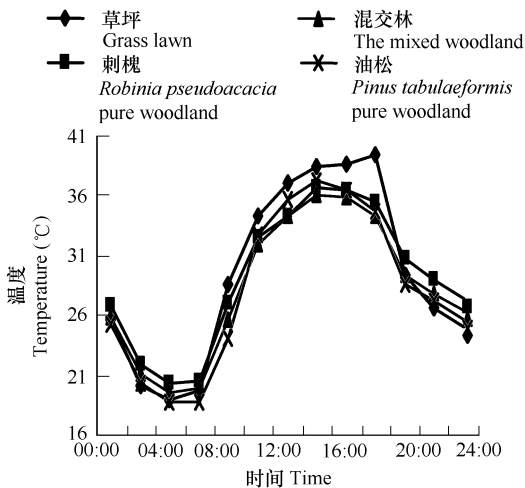


图 2 晴朗天气温度日变化

Fig. 2 The average temperature of sunny days

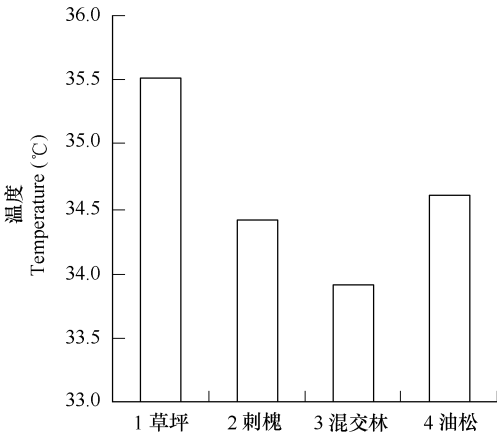


图 3 晴朗天气 14:00 的温度

Fig. 3 The temperature at 14:00

1 Grass lawn ; 2 *Robinia pseudoacacia* pure woodland ; 3 The mixed woodland ; 4 *Pinus tabulaeformis* pure woodland

重复,以高温时段 14:00 的温度进行 SPSS 的 One-Way ANOVA 方差分析,以草坪为对照,刺槐-油松混交林、刺槐纯林、的降温效果达到显著水平 ($\alpha = 0.05$)。混交林与刺槐纯林间的差异不显著,混交林与油松纯林间的差异显著(表 3、表 4)。

综合以上分析可知,刺槐纯林、刺槐-油松混交林绿地和草坪的降温效果差异均达显著水平,油松纯林与草坪相比其降温效果未达显著水平,其中混交林的降温效果最好。

3.2 4 种绿地水平湿度

3.2.1 3 种天气条件下的日平均湿度

将 3 种天气情况下观测的相对湿度进行统计分析并作图(图 4、表 5) 3 种天气条件下的 4 种类型绿地,油松纯林的日平均相对湿度最高,在多云和晴朗天气条件下,油松纯林高于草坪 6.3% ~ 11.2%。在晴朗天

表 3 晴朗天气 14:00 温度多重比较

Table 3 The temperature Multiple comparisons at 14:00

试验地 Trial sites	试验地 Trial sites	均差 Mean difference	显著性 Significance
草坪	刺槐纯林	1.0667 *	0.047
	混交林	1.5667 *	0.009
	油松纯林	0.2667	0.574
刺槐纯林	草坪	-1.0667 *	0.047
	混交林	0.5000	0.304
	油松纯林	-0.8000	0.117
混交林	草坪	1.5667 *	0.009
	刺槐纯林	0.5000	0.304
	油松纯林	1.3000 *	0.021
油松纯林	草坪	0.2667	0.574
	刺槐纯林	-0.8000	0.117
	混交林	-1.3000 *	0.021

草坪 Grass lawn ;刺槐纯林 Robinia pseudoacacia pure woodland ;
油松-刺槐混交林 The mixed woodland ;油松纯林 Pinus tabulaeformis pure woodland

表 4 晴朗天气 14:00 温度方差分析

Table 4 The temperature ANOVA Analyze

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方和 Mean square	F 值 F	显著性水平 Sig.
组间 Between Groups	4.682	3	1.561	5.021	0.030
组内 Within Groups	2.487	8	0.311		
总和 Total	7.169	11			

表 5 3 种天气湿度平均值

Table 5 The relative humidity of three kinds of weather

绿地类型 Green Space	阴天 Overcast	多云 Cloudy	晴朗 Sunny
草坪 Grass lawn	72.5	57.4	23
刺槐纯林 Robinia pseudoacacia pure woodland	65.4	55.1	26.1
油松-刺槐混交林 The mixed woodland	65.1	56.5	27.6
油松纯林 Pinus tabulaeformis pure woodland	79.1	63.7	34.2

气条件下,混交林的相对湿度比草坪高 4.6% ;在阴天时,刺槐纯林和混交林的平均相对湿度低于油松纯林和草坪。

在上述 3 种天气条件下,油松纯林的相对湿度均较高,这是因为油松纯林下层有长势旺盛的草坪,其结构为实为油松-草坪的两层结构,比单纯的草坪的增湿效果好,而且在本试验中油松纯林的相对湿度高于混交林和刺槐纯林,这主要因为油松纯林的郁闭度高,过高的郁闭度不利于绿地内水分蒸发,从而使得绿地中相对湿度较大,因此油松纯林地中乔木层油松的郁闭度高以及林下草坪的盖度大是增大绿地微环境湿度的主要原因。

3.2.2 晴朗天气湿度日变化

在晴朗天气的相对湿度日变化中,4 种类型绿地平

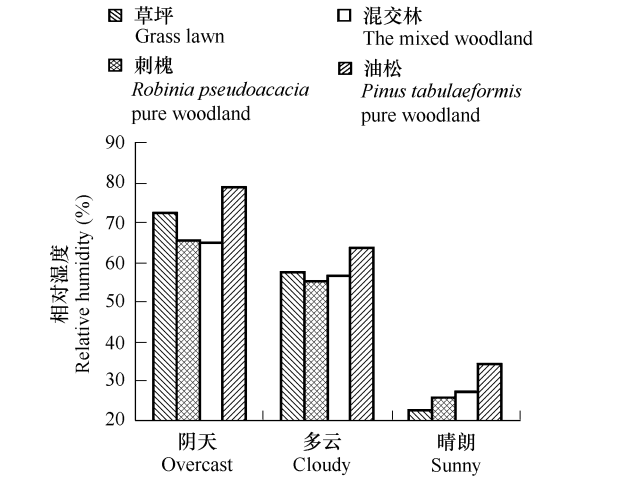


图 4 3 种天气的日平均湿度
Fig. 4 The relative humidity of three kinds of weather

均温度随气温的变化而变 ,湿度随气温的升高而降低 ,在 4 ℃~6 ℃ 湿度达最大值 ,在 14 ℃~16 ℃ 之间湿度达一天中的最低值 ,在 8 ℃至 20 ℃ 这段时间内 ,草坪湿度明显低于其他 3 种类型。在一天中 ,油松纯林中的相对湿度一直高于其他类型绿地中的相对湿度 ,这因为油松纯林的郁闭度较高、覆盖率较大 ,林下草坪盖度较高从而使得油松纯林的相对湿度较高 (图 5)。

3.2.3 晴朗天气 14 ℃ 的湿度

在晴朗天气条件下 ,以每 1d 为 1 个重复 ,将连续观测 3d 的相对湿度进行统计分析 ,4 种类型绿地中湿度呈现 :油松纯林 > 油松-刺槐混交林 > 刺槐纯林 > 草坪的趋势。14 ℃ 的平均相对湿度 ,油松纯林比草坪高 13.4% ,混交林比草坪高 8.6% ,刺槐纯林比草坪高 6.4% (图 6)。

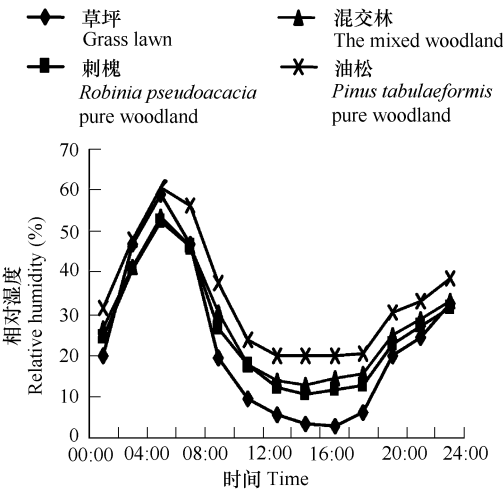


图 5 晴朗天气相对湿度日变化
Fig. 5 The relative humidity of sunny days

在晴朗天气 14 ℃ 时 ,油松纯林的相对湿度高于其他类型绿地 ,其次为油松-刺槐混交林。油松-刺槐混交林的相对湿度比槐树纯林 (纯阔叶乔木林)高 ,这是因为高大的乔木和体量较小的油松以及草坪在水平及垂直方向上形成 3 个层次 ,地面又有长势旺盛的草坪 ,在垂直方向上其结构为 3 层的复层结构。这说明混交林的增湿效果比单纯的阔叶乔木的增湿效果好。

在晴朗天气条件下 ,连续观测 3d ,设每 1d 为 1 个重复 ,以高温时段 14 ℃ 的相对湿度进行 SPSS 中的 One-Way ANOVA 方差分析 ,以草坪为对照 ,3 种类型绿地相对湿度与草坪间的差异均达显著水平 ($\alpha = 0.05$)。混交林与草坪、油松纯林间的差异显著 ,混交林与刺槐纯林间的差异不显著 ,油松纯林与其他 3 种绿地间的差异显著 (表 6 ,表 7)。

综合以上多重比较和方差分析可知 ,在 4 种类型的绿地中 ,2 种纯林及其混交林的增湿效果相对于草坪均达到显著水平 ($\alpha = 0.05$)。由于郁闭度较高致使油松纯林地的相对湿度高于其他绿地。刺槐纯林与混交林间的增湿效应差异不显著 ,混交林与油松纯林间的差异显著 ,草坪与刺槐纯林、混交林、油松纯林间的差异

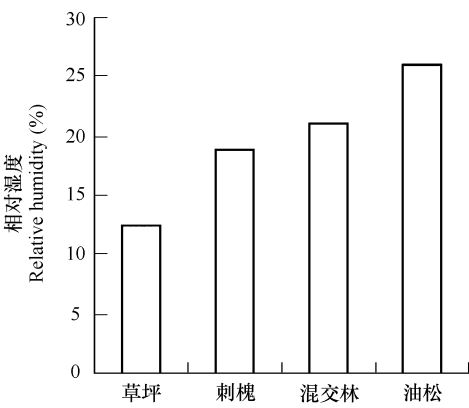


图 6 晴朗天气 14 ℃ 的平均湿度
Fig. 6 The relative humidity at 14 ℃
草坪 Grass lawn ;刺槐 Robinia pseudoacacia pure woodland ;混交林 The mixed woodland ;油松 Pinus tabulaeformis pure woodland

表 6 晴朗天气 14 ℃ 湿度多重比较			
Table 6 The relative humidity Multiple Comparisons at 14 ℃			
试验地 Trial sites	试验地 Trial sites	均差 Mean difference	显著性 Significance
草坪	刺槐纯林	-6.36667 *	0.005
	混交林	-7.86667 *	0.001
	油松纯林	-13.36667 *	0.000
刺槐纯林	草坪	6.36667 *	0.005
	混交林	-1.50000	0.391
	油松纯林	-7.00000 *	0.003
混交林	草坪	7.86667 *	0.001
	刺槐纯林	1.50000	0.391
	油松纯林	-5.50000 *	0.010
油松纯林	草坪	13.36667 *	0.000
	刺槐纯林	7.00000 *	0.003
	混交林	5.50000 *	0.010

草坪 Grass lawn ;刺槐纯林 Robinia pseudoacacia pure woodland ;
油松-刺槐混交林 The mixed woodland ;油松纯林 Pinus tabulaeformis pure woodland

显著,说明体量高大的阔叶林和复层结构的混交林以及小乔木林地的增湿效果好于草坪。混交林的湿度高于刺槐纯林,说明即使是体量都很大的阔叶树组成的植物群落,由于它是纯林型绿地,其增湿效果也不如不同体量大小混植的混交林型绿地的增湿效果好。

表 7 晴朗天气 14 00 湿度方差分析

Table 7 The relative humidity ANOVA Analyze

变异来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 df	均方和 Mean square	F 值 F	显著性水平 Sig.
组间 Between Groups	271.940	3	90.647	22.055	.000
组内 Within Groups	32.880	8	4.110		
总和 Total	304.820	11			

3.3 4 种绿地垂直温度

3.3.1 晴朗天气日平均温度垂直变化

在晴朗天气状况下,将每一高度观测的 48 个数据平均,即为这一高度的日平均温度。在垂直方向四种绿地的温度随高度的增加逐渐增加,同时四种绿地在不同高度上的温度差异较大(图 7)。从距地面 1.5m 到 12m 的高度油松和刺槐纯林的温度逐渐升高,分别升高 0.8、1.3℃,草坪的日平均温度升高 2℃。刺槐纯林和油松纯林在垂直方向的温度变化较为平缓,而刺槐-油松混交林的较复杂结构决定了垂直温度变化也较为复杂。在垂直方向上,日平均温度在 1.5m 高度处的温度最低。

3.3.2 晴朗天气 14 00 温度垂直变化

在晴天条件下连续测试 3d,在高温时间段内 14 00 时,由图 8 可知,草坪和油松纯林的温度随高度增加而下降,而刺槐纯林和混交林的温度变化起伏,先升高后降低,从 1.5~12m 温度略有降低。在 3m 高度处 4 种类型绿地的温度几乎相同,而其他高度均出现较大差异。草坪在 1.5m 高度处温度最高,其次为油松纯林,以后二者均随高度的升高温度呈下降的趋势。刺槐纯林与油松纯林在 6m 以上的温度变化趋势相似,而刺槐-油松混交林则出现起伏变化。这是因为混交林与纯林的绿地内微环境不同,所以混交林与纯林的降温效应不同。纯林在垂直方向上形成 2 层结构的空間结构,而混交林形成 3 层的空間结构,不同的空間结构形成不同的空間效应,混交林的复层结构是垂直方向温度起伏多变的重要原因。

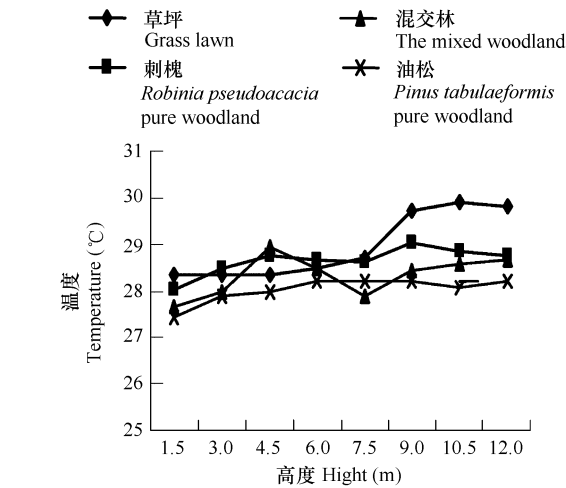


图 7 晴朗天气日平均温度垂直变化

Fig. 7 The upright temperature of sunny days

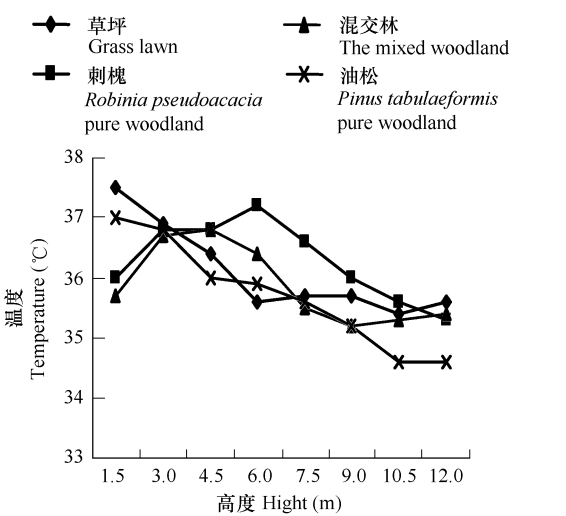


图 8 晴朗天气 14 00 温度垂直变化

Fig. 8 The upright temperature at 14 00

3.4 4 种绿地垂直湿度

3.4.1 晴朗天气日平均相对湿度垂直变化

在晴朗天气状况下 ,将每一高度观测的 48 个数据平均 ,即为这一高度的日平均相对湿度。在垂直方向上 4 种绿地的日平均相对湿度随高度升高而降低 4 种绿地的日平均相对湿度的降低幅度在 4% ~ 8% 之间 (见图 9)。油松纯林的相对湿度明显的高于其他 3 种类型绿地 ,尤其在 9m 处 ,油松纯林的相对湿度出现了一个高峰 ,这说明油松纯林冠层高度对群落环境产生了重要影响 ,使绿地微环境在 9m 高度处明显的区别与其他绿地。本试验中草坪的日平均相对湿度最低。

3.4.2 晴朗天气 14 00 相对湿度垂直变化

在晴朗天气 14 00 时 ,垂直方向上 ,草坪的相对湿度随高度增加而增大 ,其他绿地出现起伏变化 ,从 1.5 ~ 12m 略有降低 (图 10)。草坪的相对湿度在各个高度都较低 ,而油松纯林的相对湿度在各个高度均较高 ,刺槐纯林与混交林处于这两者之间。油松纯林的相对湿度最高 ,其原因可能与油松的树高、盖度等有关 ,相对于其他绿地 ,油松纯林地的草坪盖度较大 ,有利于油松纯林的增湿。所以 ,在本试验中的油松纯林所组成的植物群落的高度和盖度增湿效果明显。

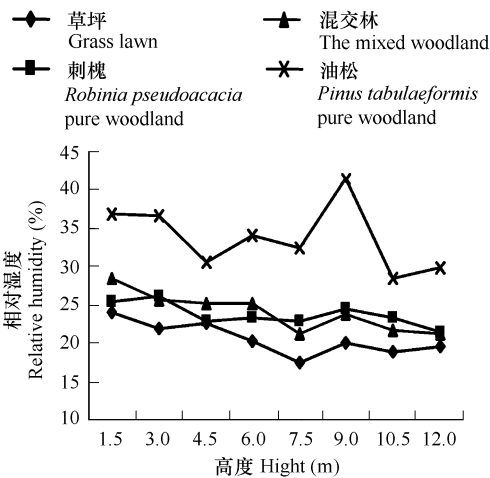


图 9 晴朗天气日平均相对湿度垂直变化

Fig.9 The upright average relative humidity of fine days

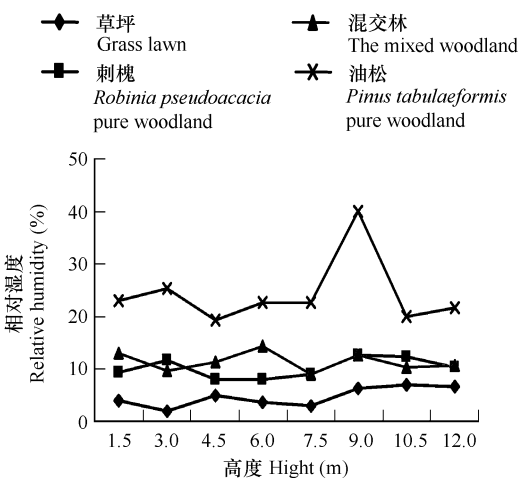


图 10 晴朗天气 14 00 相对湿度垂直变化

Fig.10 The upright relative humidity at 14 00

3.5 4 种绿地的风速

3.5.1 水平方向风速日变化

在晴朗天气条件下 ,在水平方向 1.5m 高度处 4 种类型绿地的风速日变化如图 11 所示。从图中可以看到 ,从 8 00 ~ 18 00 这段时间内 ,风速开始上升 ,但时高时低 ,在 12 00 时 ,风速达到最高峰 ,油松纯林内的风速出现了 3 次高峰 ,在 12 00 时 ,油松纯林内风速达到了 4.2m/s ,刺槐纯林内风速出现了 4 次高峰 ,在 12 00 时 ,刺槐纯林内风速最高达到了 2.4m/s ,油松纯林内风速高于刺槐纯林 ,草坪与混交林型绿地的风速较低。草坪和混交林风速比其他两块绿地低 ,主要是受 4 块绿地所处的位置的差异的影响 ,油松纯林和刺槐纯林地比较靠近道路 ,因此 ,风速比草坪和混交林绿地的风速稍大些。但在同样条件下的油松纯林和刺槐纯林存在的差异是由于植物群落的不同而产生的 ,在 1.5m 高度处 ,油松纯林的风速大于刺槐纯林 ,在夜间油松纯林地有风 ,而刺槐纯林地在夜间风速几乎为零 ,说明阔叶林型绿地的降低风速的效果好于针叶林型绿地。草坪与混交林型绿地离道路稍远一些 ,在白天也有风 ,但风速相对于其他两块绿地较小。

3.5.2 垂直方向日平均风速

晴朗天气条件下 ,在垂直方向上 ,选择测定 4 个点的风速 ,在垂直方向上的日平均风速均在 1.0m/s 以下 (图 12)。由图中可以得知 ,在垂直方向上 ,油松纯林地中的日平均风速最高 ,在各个高度都高于其他绿地 ,刺

槐纯林地内的风速相对较小,混交林型绿地在各个高度的风速介于刺槐纯林与油松纯林之间;草坪型绿地在3、6m 高度的风速较大,在1.5、9m 高度的风速较小。

油松纯林地降低风速的效果比较差,分析其原因主要是受植物群落高度的影响,由于油松纯林冠层高度在6m 以下,在6m 以上比较空旷,油松纯林降低风速的作用在冠层之上逐渐减弱,所以油松纯林内的风速在高于冠层高度时增大。刺槐纯林型绿地降低风速的效果在3~6m 之间最好,但在9m 高度风速较大,这是因为刺槐纯林在3~6m 高度之间树冠较厚密,在9m 高度树冠变得较为稀疏,林地内风速大小与林冠高度及树冠的厚度、疏密度有关,混交林型绿地的风速处于两种纯林之间,在各个高度的风速变化不大,比较稳定,这是因为混交林型绿地所构成的植物群落是高低错落的复层结构,在各个高度风速较小且变化不大,草坪型绿地在3m 以下、6m 以上风速较小,在3~6m 之间风速较大,草坪型绿地比较空旷,在这样的环境中,风速区域和范围与草坪的面积有关,其关系有待于进一步研究。

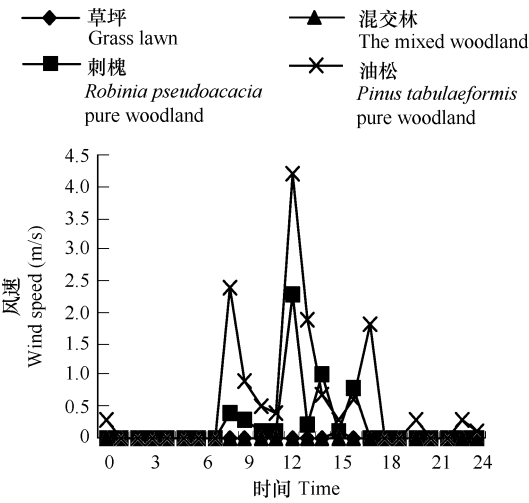


图 11 晴朗天气风速变化

Fig. 11 The average daily wind speed of sunny

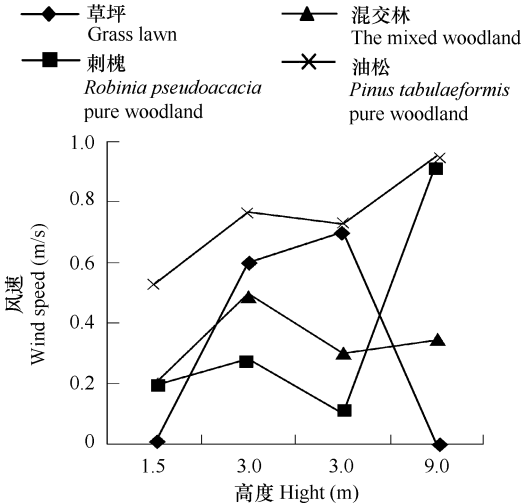


图 12 晴朗天气不同高度日平均风速

Fig. 12 The average daily wind speed of sunny

4 结论与建议

4.1 结论

在水平方向上,通过四种结构类型绿地的水平温度、湿度研究,结果表明,在晴朗天气刺槐-油松混交林的降温增湿效果最好,达到显著水平 ($\alpha = 0.05$)。刺槐-油松混交林为针阔叶混交模式,在水平层次上为3层,即刺槐-油松-草坪,其结构类似于复层结构。在14:00时,混交林的相对湿度比草坪高13.4%,混交林的温度比草坪低1.6℃,温度呈现:草坪>油松纯林>刺槐纯林>刺槐-油松混交林的趋势。在14:00,湿度呈现:油松纯林>油松-刺槐混交林>刺槐纯林>草坪的趋势。在高温炎热的夏季,刺槐-油松混交林的降温增湿效果最好,草坪的降温增湿效果最差。

在垂直方向上,混交林温湿度变化复杂多变,本试验中两种纯林变化较为缓和,油松纯林的相对湿度,不管是日平均湿度,还是在高温时段都较高,因此可以得出5~6m 高度的郁闭度较高的植物群落的增湿效应显著,郁闭度对整个植物群落生态效果产生很大影响,郁闭度大与相对湿度有密切关系。在垂直方向上,日平均温度随高度的增加温度升高,在14:00时,油松纯林和草坪随高度的增加温度逐渐降低,而刺槐纯林和混交林随高度的增加,温度变化表现先升后降的趋势,但总体趋势是随着高度的增加温度降低。说明乔木树种的高度、植物的种植结构及配置的差异对绿地内微环境的能量流动、物质循环的影响很大,从而使得纯林与混交林的垂直方向的温湿度效应产生相应的起伏变化。

4 块绿地的风速白天高于晚上 ,在水平方向上从 8 00 ~ 18 00 这段时间内 ,风速开始上升 ,在 12 00 时风速达到最高峰 ,在同样条件下油松纯林地内的风速高于刺槐纯林 ,说明纯阔叶林型绿地降低风速的效果好于纯针叶林型绿地。混交林型绿地在各个高度的风速处于刺槐纯林与油松纯林之间 ,风速变化不大 ,比较稳定 ,这是因为混交林型绿地所构成的植物群落是高低错落的复层结构 ,混交林型绿地的降低风速的效果比较好。

混交林是由两种以上乃至多树种组成的森林群落。混交林相对纯林具备了种间互为作用的环境 ,供了充分利用空间和地力的物质条件 ,以混交林在许多方面都优于纯林。植物群落稳定性取决于其空间结构的多样性、总生物量、恢复和再生能力以及抗干扰水平。

不同结构的植物群落必然形成不同的空间效应。不同结构绿地植物群落 ,其空间效应不同 ,能流、物流不同 ,所发挥的生态效益也不同。如果所设计的栽培植物群落不符合自然植物群落的发展规律 ,也就难以以成长发育达到预期的艺术及生态效果。

本研究中 ,刺槐-油松混交林的降温增湿效果显著 ,混交林型绿地降低风速的效果好于纯林结构 ,因此 ,针、阔混交结构的植物群落比单纯的纯林的生态效益好。本试验中油松纯林的增湿效应比较显著 ,植物群落的类型、冠层高度、盖度 ,植物的种植密度等与其绿地增湿效应有一定的关系 ,以及草坪型绿地的风速 ,受周围环境影响 ,其绿地的风速特征等都将有待于进一步的研究。

4.2 建议

通过植物群落的调查分析 ,北京园林绿地中纯林、混交林占有一定的比例 ,但是纯林、混交林的生态效益那个最好 ,通过本研究发现刺槐-油松混交林在高温时段的降温增湿效果显著。因此 ,在进行园林绿地的种植设计及植物配置时 ,在以植物多样性、形式多样化的前提下适当地多配置混交林 ,以有利于提高植物群落的生态效益。

绿地群落是城市自然景观的组成部分 ,群落所有有机体具有生态联系性。其与自然群落不同的功能 ,决定了其结构的被控制性 ,成为典型的人为干扰或系统干预 ,其结构常常是一个未成熟系统的临时框架 ,不仅在历史中形成和演替中发展 ,更在人为干扰中变化。园林绿化技术的真正作用应是自然潜力发挥至极致 ,使人能诗意般与自然栖居 ,而不是随意改变自然。和谐、有序和稳定的群落应充分利用光照、水分和养分等环境资源 ,最大限度地利用可更新和可循环的物质 ,给生物提供更多的栖息地和更大的生境空间。城市绿化应以植物为单位 ,设计和建立近自然的植物景观 ,合理配置植物和群落结构。应通过促进群落自然生产力 ,形成复合的层次和相宜的季相色彩 ,实现人工的低度管理和景观资源的可持续维持及发展。

因此 ,城市绿地植物景观建设从绿地垂直结构及水平结构 ,充分考虑光合效益及种间生态协调 ,形成稳定、多层、混合、高矮远近、草木结合、错落有致的植物群落 ,并注意针、阔叶树种搭配 ,模拟自然植物群落 ,提高城市绿地系统生物多样性、景观稳定性和生态效益。

References :

[1] Wang Y X ,Dong J W ,Wang Y Z. Relationship Between City Green Land and Urban Heat Island Effect . Subtropical Plant Science. 2005 ,34 (4) : 55 — 59.

[2] Leng P S ,Yang X H. Ecology benefits economy evaluation of urban green space in Beijing. Journal of Beijing Agricultural College 2004 ,19 (4) : 25 — 28.

[3] Liu J P ,Huang H. Discussion of urban green space sight pattern and ecology construct countermeasure. Inner Mongolia Science Technology and Economy 2000 (4) 9 — 11.

[4] Thompson G H ,Steiner F R. Ecological design and planning , JohnWiley & Sons ,Inc ,New York ,Chichester ,Weinheim ,Brisbane ,Singa2pore , Toronto ,1997.

[5] Huang X L ,Zhang G Q. Study on urban living entironment green quantity group. Cinese Landscape Architecture ,1998 ,14 (1) 61 — 63. .

[6] Chen Z X ,Su X H. Study on ecology benefits of landscape green. Cinese Landscape Architecture ,1998 (2) 51 — 54.

[7] Chen Z X ,Su X H. Study on ecology benefits of landscape green. Cinese Landscape Architecture ,1998 (3) 53 — 56.

[8] Zhou L C ,Xue W J. Relationship between vegetation structure and the temperature and relative humidity in urban green spaces of Shanghai.

Chinese Journal of Ecology 2005 24 (9) :1102 ~ 1105.

[9] Fu H N. Study on Ecological Structure of the Ornamental Plants Community in Shanghai. Journal of Chinese Landscape Architecture ,2000 ,16 (2) :22 — 25.

[10] Mao J B , Song G Z. A Comparison Study on the Ecological Effects between Mixed and Monocultured Stands of *Pinus armandii*. Journal of Southwest Forestry College ,1999 ,19 (3) :156 — 160.

[11] Li G S ,Hong Y ,Li Y X. The artificial mixs Ecosystem performance overview. Protection Forest Science and Technology. 2004 ,(6) :45 — 46.

[12] Yan M ,Xiong Z H. Eco-effect of the Mixed Forest of *P. armandii* and *P. adenopoda* axim. Journal of Anhui Agricultural Sciences. 2005 ,33 (8) :1408 — 1409.

[13] Yang C. ecology experimentation and practice. Beijing :Altitude Education Press 2003.

参考文献：

[1] 王艳霞 ,董建文 ,王衍桢. 城市绿地与城市热岛效应关系探讨. 亚热带植物科学 2005 ,34 (4) :55 ~ 59.

[2] 冷平生 ,杨晓红. 北京城市园林绿地生态效益经济评价初探. 北京农学院学报 2004 ,19 (4) :25 ~ 28.

[3] 刘俊平 ,黄华. 城市绿地景观格局及其生态建设对策的探讨. 内蒙古科技与经济 2000 (4) :9 ~ 11.

[5] 黄晓鸾 ,张国强. 城市生存环境绿色量值群的研究. 中国园林 ,1998 ,14 (1) :61 ~ 63.

[6] 陈自新 ,苏雪痕. 北京园林绿化生态效益的研究. 中国园林 ,1998 (3) :53 ~ 56.

[7] 陈自新 ,苏雪痕. 北京园林绿化生态效益的研究. 中国园林 ,1998 (2) :51 ~ 54.

[8] 周立晨 ,薛文杰 ,等. 上海园林绿地植被结构与温湿度关系浅析. 生态学杂志 ,2005 24 (9) :1102 ~ 1105.

[9] 傅徽楠 ,严玲璋 ,等. 上海城市园林植物群落生态结构的研究. 中国园林 2000 ,16 (2) :22 ~ 25.

[10] 毛俊彪 ,宋国志. 华山松纯林与混交林生态效应研究. 西南林学院学报 ,1999 ,19 (3) :156 ~ 160.

[11] 李刚石 ,洪彦 ,李艳霞. 人工混交林生态效益综述. 防护林科技 ,2004 ,(6) :45 ~ 46.

[12] 严敏 ,熊忠华. 华山松-响叶杨混交林的生态效益分析. 安徽农业科学 ,2005 ,33 (8) :1408 ~ 1409.

[13] 杨持. 植物群落调查方法. 见：杨持主编. 生态学实验与实习. 北京：高等教育出版社 2003. 160 ~ 172.