

两种园林植物断根和剪枝后蒸腾和光合特性的变化研究

王莉丽^{1,2}, 周国逸^{1*}

1. 中国科学院华南植物园, 广东 广州 510650; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039

摘要: 选择移栽难易程度差异很大的两种园林树木(小叶榕 *Ficus microcarpa* 和拟单性木兰 *parakmeria omeiensis*) 进行断根和不同程度的剪枝, 模拟移栽, 形成不同的成活水平个体, 比较不同成活水平下蒸腾、光合等生理机能的差异, 以期从生理生态角度了解影响成活的关键因子。结果表明, ①小叶榕相对拟单性木兰移栽成活率高, 主要是处理后, 小叶榕气孔导度能很快降低, 导致蒸腾速率降低, 耗水量显著减小; 而拟单性木兰处理后气孔导度和蒸腾速率都升高, 主要依靠剪枝来降低植株蒸腾耗水, 降低幅度不大。小叶榕日平均蒸腾速率显著高于拟单性木兰, 两者日平均耗水量都随剪枝程度的增加而减少, 即重度剪枝最容易成活。②拟单性木兰净光合速率与气孔导度都显著相关, 而小叶榕净光合速率与气孔导度的相关性较差。小叶榕日平均光合速率显著高于拟单性木兰, 种或处理间日变化趋势也都存在差异。③小叶榕处理后水分利用效率变化趋势不同于对照, 但处理之间日变化趋势类似, 随处理的增加日平均值降低; 拟单性木兰处理以及对照间变化趋势有很大差异, 但日平均值相差不大, 都显著高于对照。仍需进一步研究内部机理, 找到解决成活的更有效措施。

关键词: 园林植物; 移栽; 蒸腾速率; 气孔导度; 光合速率; 水分利用效率

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1672-2175 (2006) 03-0598-08

近年来随着城市建设和旅游事业的快速发展以及现代园林的审美需求, 景观设计、园林绿化加速发展, “一次成园” “短期成景” 的设计需求, 使得树木移栽成为必然。事实也证明, 只要移栽后精心的养护管理, 树木很快就可以恢复生机, 再经过适当的下层植物配置, 就可以在短期内形成较为立体的景观或生态单元, 大大提高绿地景观的时间和空间价值, 利用有效的空间发挥巨大的生态效益, 促进生态建设的健康发展^[1]。但现有的移栽技术^[2-4], 仍存在很多的不足和限制, 达不到“一次成园” “短期成景” 的要求, 试从植物生理生态特性入手研究引起成活水平差异的原因很有必要, 目前还没有发现相关报导。拟单性木兰 *Parakmeria omeiensis* 为木兰科拟单性木兰属, 常绿乔木, 观赏性好, 近年来成为园林绿化的新热门树种, 但是较难移栽, 极大限制了在园林工程中的应用^[5]。而小叶榕 *Ficus microcarpa* 在广东分布范围广泛, 生存能力极强, 很容易移栽, 园林应用较多^[6]。实践表明, 它们代表了绝然不同的移栽成活水平。

本研究选择拟单性木兰和小叶榕两种移栽难易程度不同的园林绿化树种为研究对象, 进行断根和不同程度的剪枝处理, 形成不同的成活率水平。在此基础上, 观测并比较处理前后, 不同树种之间、相同树种不同处理间, 蒸腾和光合等生理指标的变化, 以及这些生理指标与环境因子的关联程度, 旨在探讨不同成活率情况下植株生理机能的差异以

及恢复情况, 为以后移栽工作及研究的发展提供一定理论依据, 并为促进这两种园林植物的进一步开发利用提供必要的参考。

1 材料和方法

1.1 实验地概况

实验地设于中国科学院华南植物园展示区中心苗圃。位于广州市东北郊龙眼洞, 距市中心区约 15 km。该园地处北纬 32°10'、东经 113°21', 海拔 20~327 m, 属亚热带季风气候, 年平均温度为 22 °C, 极端最高温 38 °C, 极端最低温 0.8 °C, 年降雨量为 1600~1800 mm。园内地形较复杂多样, 气候温和, 雨量充沛, 为建立植物引种驯化基地创造了良好的生态环境^[7]。

1.2 材料和方法

2005年7月上旬, 在实验地内分别选取9株生长健壮的、树龄都为10a的拟单性木兰和小叶榕, 原地断根模拟移栽, 保持直径约50cm的土球。断根后进行轻度(1/3)、中度(1/2)、重度(2/3)3种程度剪枝, 代表3个成活等级; 每种处理3个重复, 另选择3株不做任何处理作为对照。这3种处理是实践操作中最常采用的修剪手法, 在处理时按照枝条总数的一定比例进行修剪, 轻度处理(处理1)表示剪去原有枝叶量的2/3, 中度处理(处理2)表示剪去原有枝叶量的1/2, 重度处理(处理3)表示剪去原有枝叶量的2/3; 在处理前后都做总叶面积估算, 不断修整尽量减少实际误差。实践表明随

作者简介: 王莉丽(1983-), 女, 硕士研究生, 研究方向为生理生态。E-mail: w_ll_t@163.com

*通讯作者, E-mail: gyzhou@scib.ac.cn

收稿日期: 2006-03-20

着处理程度的增加成活率都增加，但小叶榕很容易成活，3个处理之间差异较小，成活率都达到90%以上；拟单性木兰3个处理之间差异较大，重度剪枝的存活率为70%左右，中度剪枝的成活率为30%左右，而轻度剪枝基本不能成活。测定期间处于雨季，雨水充沛，土壤水分充足。

处理后每隔3~5 d选择晴朗无云天气，上午9:00—11:00，用Licor-6400测定净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、叶温(T_l)、气孔导度($Cond$)等生理指标，日变化测定从9:00—17:00每2 h测定1次，并同步测定有关环境参数——光合有效辐射(PAR)、大气相对湿度(RH)、气温(T_a)等。瞬时水分利用效率(WUE)采用 $WUE = P_n / T_r$ (其中 P_n 以 CO_2 的 μmol 数计， T_r 则以 H_2O 的 $mmol$ 数计)计算^[8]。试验选取冠层中部、向阳面的当年生枝条的中位成熟叶片挂牌标识和定位测量^[9-10]，每株重复观测5个叶片。

1.3 统计分析

文中数据均以每次测定的生理指标值的平均值+标准差表示。利用单因素方差分析(ANOVA)

分别对树种之间和同一树种不同处理间的生理指标进行检验，差异显著水平为 $\alpha=0.05$ 。对蒸腾速率和同期测定的环境因子进行相关性分析。所有分析都用SPSS11.0进行。

2 结果与讨论

2.1 处理前后光合、蒸腾速率等生理指标随时间的变化比较

2.1.1 蒸腾速率、光合速率随时间的变化及其与气孔导度的关系

拟单性木兰和小叶榕断根前后 9:00—11:00 段蒸腾速率的变化趋势如图 1。可见，小叶榕断根前后蒸腾速率变化明显(图 1A)，处理后第 2 天，处理 1 迅速降低，处理 2 显著升高，处理 3 略高于对照，随后处理 2 和 3 都迅速降低，3 个处理一直显著低于对照($P < 0.05$)，40 d 后处理 2 和 3 逐渐高于对照，处理 1 趋于对照，推测此时处理 2 和 3 可能已经恢复。处理 1 由于剪枝较少，所以气孔导度迅速降低，导致蒸腾速率降低；但刚处理后处理 2 的蒸腾速率显著增加，可能原因还有待进一步研究；

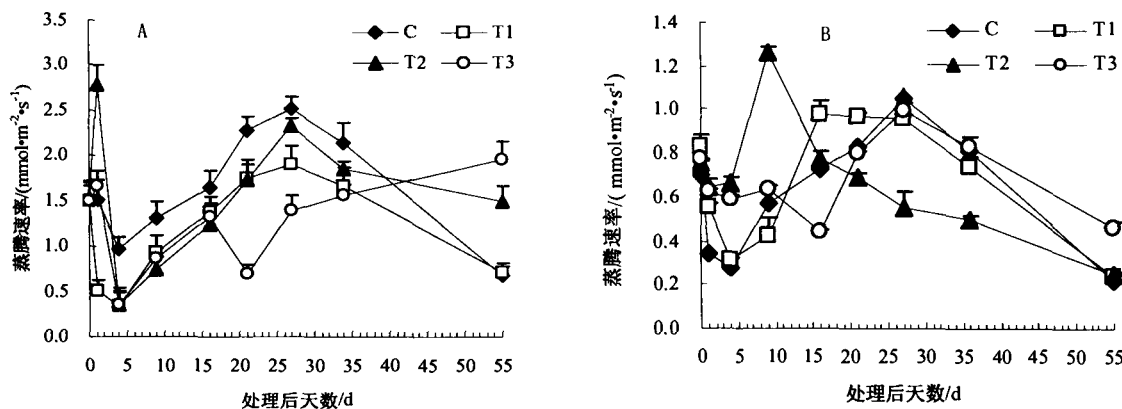


图 1 小叶榕和拟单性木兰断根前后蒸腾速率的变化

Fig. 1 Comparisons of transpiration rate before and after root pruning

A: 小叶榕; B: 拟单性木兰 (C: 对照; T1: 处理 1; T2: 处理 2; T3: 处理 3) 误差线为标准差 ($n=3$)

A: *Ficus microcarpa*; B: *Parakmeria omeiensis*

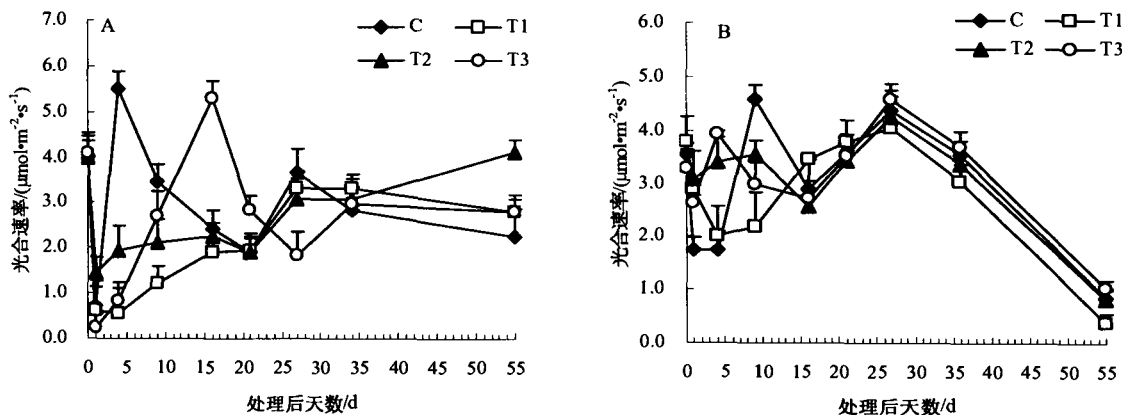


图 2 小叶榕和拟单性木兰断根前后光合速率的变化(图例同图 1)

Fig. 2 Comparisons of photosynthesis rate before and after root pruning

处理3变化不明显,可能此时处理对植株的水分代谢平衡影响还不大。不同处理之间在不同时间段差异显著性不同($P<0.05$)。小叶榕断根前后蒸腾速率变化明显,主要是气孔导度的迅速变化所致(见图3),可见处理后小叶榕能迅速调节内部机制,尽量减少水分消耗,维持代谢平衡。断根前后小叶榕蒸腾速率的变化总体形势类似于气孔导度的变化,这与郭志华等^[9-10]的研究结果类似,但是并不完全一致。小叶榕蒸腾速率的变化幅度存在一定差异,说明还有很多别的因素影响到蒸腾速率。

拟单性木兰刚断根后蒸腾速率都高于对照(图1B),处理都显著高于对照($P<0.05$),而后4~16d时间内,3种处理先后出现蒸腾作用高峰,推测此时可是影响拟单性木兰成活的关键时间,随处理的增加,峰值出现时间提前,处理3与对照差异较大的时间较短,说明能较快恢复。与小叶榕相比,拟单性木兰处理后气孔导度都显著升高(图3B),主要依靠剪枝减少蒸腾总面积来减少水分消耗,总耗水量随着剪枝程度的增加而呈减少的趋势。处理1

和2总耗水量减少不明显,处理3,即重度剪枝情况下,总耗水量减少到处理前的40%以上。

图2为2种植物断根前后光合速率变化的情况。可见,小叶榕断根后的光合速率变化较大,显著低于对照;与气孔导度变化(图3)不太一致,随着处理后时间的延长,二者的相关系数逐渐降低至0.6左右,之后又逐渐升高,说明处理改变了非气孔因素对光合的限制程度。拟单性木兰的光合与气孔导度的变化趋势基本一致,相关系数都达到0.8以上。

2.1.2 水分利用效率随时间的变化比较

在观测的时间内,小叶榕处理间水分利用效率存在较大差异。处理2与对照变化基本一致;处理1刚处理后高于其它,随后3个星期内降至最低,后逐渐升高,可能这段时间内随着植株根系的恢复,水分代谢逐渐趋于平衡;处理3前10d的时间内显著低于对照和处理2,在10~25d的时间内,水分利用效率增加,且显著高于对照和处理1、2的水平($P<0.05$)。上述情况表明小叶榕中度剪枝(即

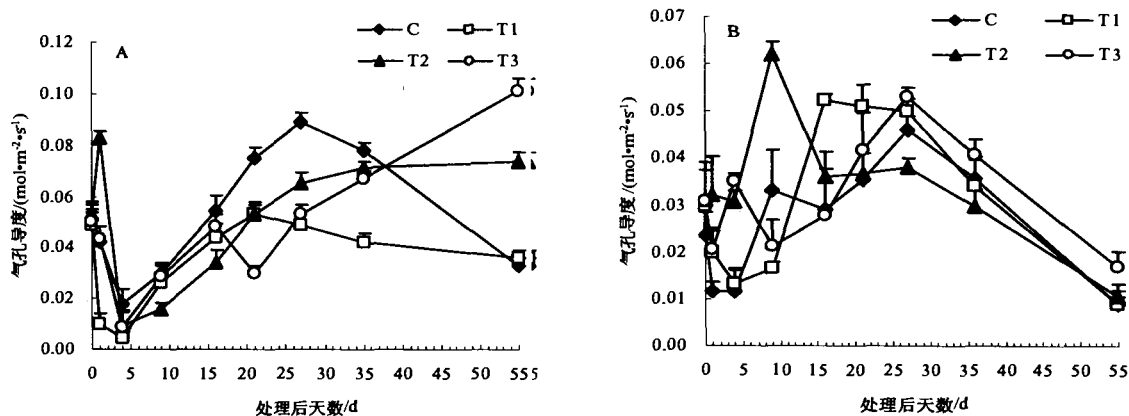


图3 小叶榕和拟单性木兰断根前后气孔导度的变化(图例同图1)
Fig. 3 Comparisons of stomatal conductance before and after root pruning

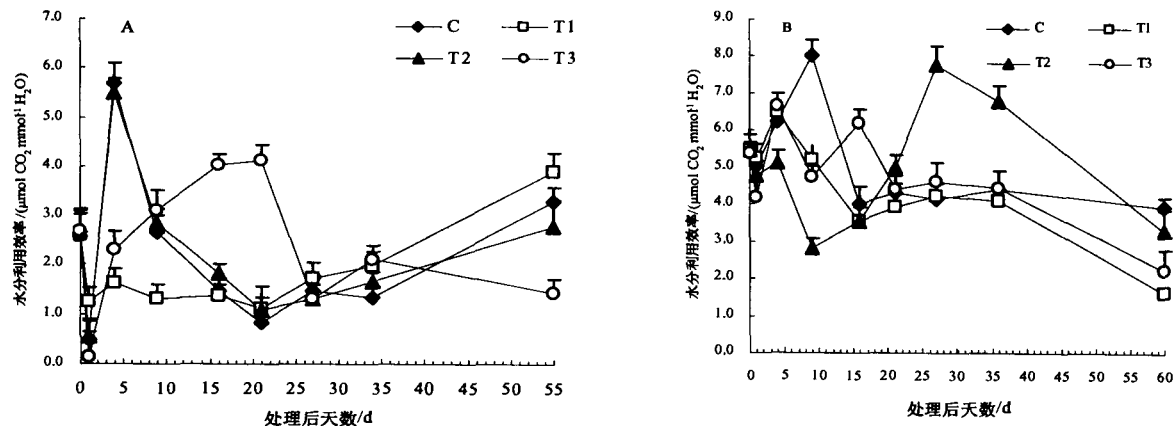


图4 小叶榕和拟单性木兰断根前后水分利用效率变化(图例同图1)
Fig. 4 Comparisons of WUE before and after root pruning

处理 2) 就可以维持上下部分平衡, 轻度剪枝 (即处理 1) 经过一定时间的恢复后也能很好存活, 而在环境条件不太好情况下重度剪枝 (即处理 3) 将更有利于存活。拟单性木兰处理后水分利用效率的变化趋势较为复杂, 处理与对照之间以及处理之间变化情况有很大的差异, 可能是由于处理后植株的光合和蒸腾作用在不同时段受到不同因子的影响引起的。这也与拟单性木兰自身特性有很大关系, 木兰科植物较难移栽, 移栽后恢复情况复杂, 需要较长时间才能确定是否成活。

2.2 不同处理后蒸腾速率和光合速率等生理指标日变化比较

2.2.1 蒸腾速率与光合速率日变化及其与气孔导度的关系

处理 2 周后, 选择晴好天气测定 2 个树种的蒸腾等生理指标日变化, 结果如图 5 所示。可见, 蒸腾速率日变化都呈双峰型, 与气孔导度变化趋势类似 (图 7), 这与文建雷等^[11-12]的研究结果一致。除了拟单性木兰处理 2 的第 2 高峰出现在中午, 其余的都有明显的“午休”现象。由于处理或种的差异, 蒸腾作用对环境因子有不同的响应程度, 使得峰值和谷底的出现时间存在一定差异。总的说来 10:00 前后达到第 1 高峰, 此后慢慢降低, 由于高温、强辐射、低湿度引起部分气孔关闭导致蒸腾速率在 12:00 前后达到谷底 (图 7), 之后随着光强和温度的减弱, 蒸腾也逐渐恢复, 在 16:00 前后达到第 2 个峰值。小叶榕每个时间段的蒸腾速率都显著高于拟单性木兰 ($P < 0.01$), 这是由于种自身的生理生态特性决定的, 说明小叶榕的水分输导组织较为发达, 即使在相同程度的断根情况下, 给与充足的水分, 小叶榕也能较好的吸收传输。小叶榕日变化幅度较大, 拟单性木兰日变化相对平缓, 这一现象说明两者对环境因子的敏感程度不同, 在同样条件

下, 小叶榕更能调整自身以适应环境变化。蒸腾速率日平均值与对照的比值见表 1。

表 1 小叶榕和拟单性木兰处理与对照生理指标日均值比值
Table 1 Physiological characteristics of *Ficus microcarpa* and *Parakmeria omeiensis*. Ratios of daily means between treatment and contrast are present

项目	拟单性木兰			小叶榕		
	<i>Parakmeria omeiensis</i>			<i>Ficus microcarpa</i>		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
蒸腾速率比值	1.37	2.06	2.27	0.72	1.04	0.9
日耗水量比值	0.913	1.03	0.757	0.477	0.522	0.301
气孔导度比值	1.391	2.404	2.609	0.655	0.922	1.146
水分利用效率比值	1.38	1.29	1.39	1.54	1.21	0.97

T1、T2、T3 同图 1

但由于叶数量的差别, 蒸腾总面积随处理程度的增加而减少, 处理的枝叶量分别是对照的 2/3、1/2、1/3, 总的蒸腾耗水量与对照的比值见表 1。可见剪枝对小叶榕的蒸腾耗水的影响程度远小于木兰, 并且这种差异不受剪枝水平的影响。

光合速率的日变化如图 6。可见, 光合速率的日变化趋势有单峰型也有双峰型。小叶榕对照为单峰型, 午间出现最高峰; 而 3 个处理的光合速率都为双峰型, 11:00 和 15:00 前后出现峰值, 有明显的“午休”现象, 可能是处理后某些生理生态特性发生改变, 使得研究对象受到不同程度的光抑制而引起的。拟单性木兰处理 2 呈单峰型, 高峰出现在上午 9:00 前后; 对照、处理 1 和 3 的光合速率为双峰型, 第 1 峰值出现在 9:00 前后, 随即开始下降, 处理 1 和 3 的光合速率在光强最大的正午降至最低, 有明显的“午休”现象, 之后逐渐增加, 在 16:00 前后出现第 2 个峰值; 对照在 11:00 以后变化很平缓, 略有起伏。拟单性木兰午前峰值出现在光强 (P_n) 相对较低 ($900 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右, 以 CO_2 量计) 的情况下, 说明该植物受到光抑制较大。 P_n 的峰、谷值发生的时

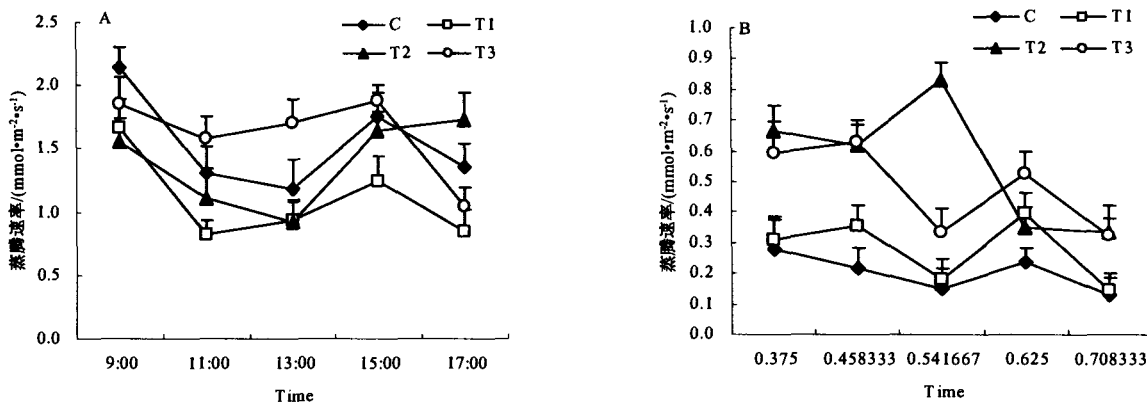


图 5 小叶榕和拟单性木兰不同剪枝程度下蒸腾速率日变化(图例同图 1)
Fig. 5 Diurnal variations in transpiration rate of trees with different pruning degree

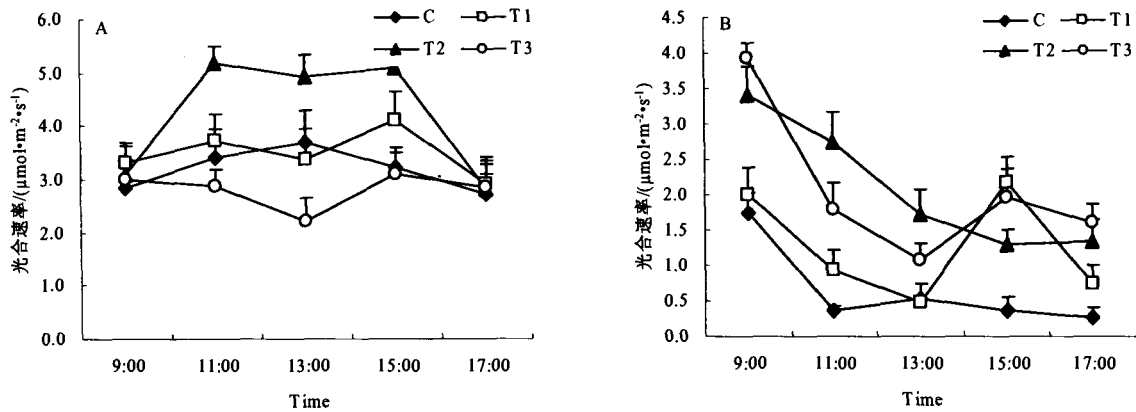


图6 小叶榕和拟单性木兰光合速率日变化比较(图例同图1)
Fig. 6 Diurnal variations in photosynthesis rate of trees with different pruning degree

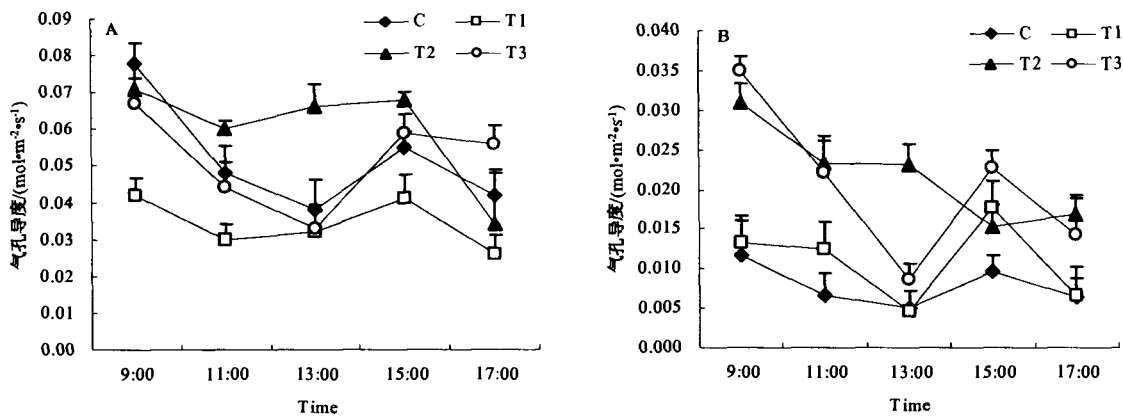


图7 小叶榕和拟单性木兰不同剪枝程度下气孔导度日变化(图例同图1)
Fig. 7 Diurnal variations in stomatal conductance of trees with different pruning degree

间各不相同,反映出研究个体的光合作用对自然因子特别是光照强度日动态的响应存在差异,这是由植物自身的差别以及不同处理所造成的。小叶榕光合速率的日变化曲线比较规则,而拟单性木兰差异较大,说明剪枝处理对木兰的影响更为复杂。光合速率与气孔导度日变化趋势(图7)不太一致,特别是小叶榕上午时段的变化曲线,说明非气孔因素,如有效辐射等对光合也有很大的影响。

气孔导度日变化趋势(图7),都呈双峰型,。小叶榕的气孔导度变化幅度较大,日平均值也高于拟单性木兰。处理间气孔导度日平均值与对照的比值见表1。每个种处理之间随着剪枝程度的增加气孔导度也增加,说明剪枝在一定程度上影响植株的内部调节机制。拟单性木兰处理后导度日平均值反而比对照高,主要依靠减少总的蒸腾面积来减少耗水量,所以要大量剪枝才能保证水分代谢平衡;小叶榕处理后迅速调节气孔导度,降低蒸腾速率,轻度剪枝就可以维持水分代谢平衡。

2.2.2 水分利用效率日变化比较

水分利用效率通常用 Pn/Tr 来表示^[8],图8为2种植物的水分利用效率日变化动态。可见,小叶榕的水分利用效率:处理3为单峰型,在11:00前后达到峰值,此后一直降低;其它都为双峰型,2个处理都在上午11:00左右达到第1峰值,对照第1峰值出现在中午,此后一直处于降低趋势,14:00后变化很平缓,17:00达到第2峰值;处理日平均值随剪枝程度的增加而降低(与对照的比值见表1),说明相同耗水情况下,少量剪枝能更有效的固定 CO_2 ^[13]。

拟单性木兰3个处理都呈双峰型,第1峰值出现的9:00前后,处理1的第2峰值出现时间较早,在15:00前后,处理2和3第2峰值出现在17:00前后;对照呈多峰型,在9:00、13:00和17:00依次出现高峰;谷底出现时间也有差异。处理以及对照之间在下午差异性较大,3个处理的日平均水分利用效率显著高于对照,但处理之间日平均值无显著差异($P < 0.05$)(表1)。

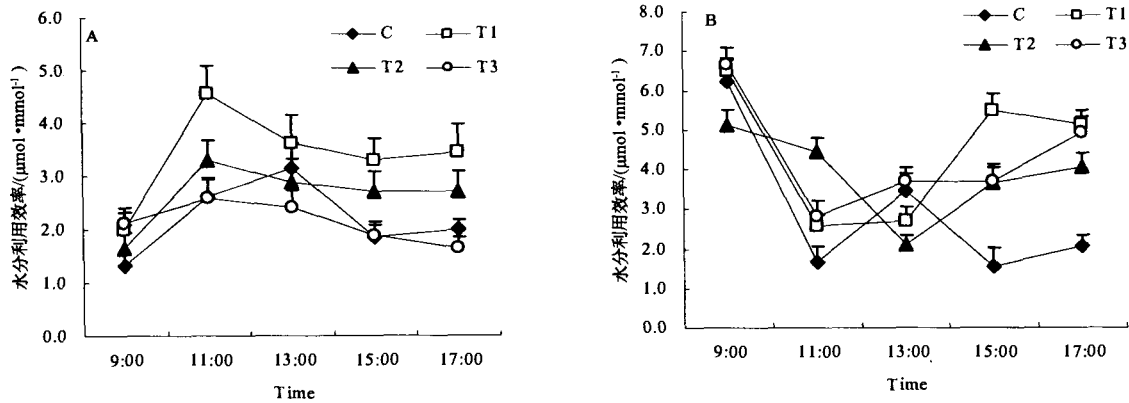


图8 小叶榕和拟单性木兰不同处理的水分利用效率日变化(图例同图1)

Fig. 8 Diurnal variations in WUE of trees with different pruning degree

2.3 气孔导度以及气温、光合有效辐射等环境因子对蒸腾的影响

多种环境因子对植物的蒸腾速率有影响^[9-10]，这里对不同处理下测定的两个树种的蒸腾速率和相对应的环境因子如光合有效辐射、叶温、湿度、气孔导度、气温、大气 CO₂ 质量分数等进行相关性分析 (n=8)，结果如表 2。

结果表明，2 个树种各处理的蒸腾速率与气孔导度存在显著的相关关系 (P<0.05)，而与其他环境因子之间相关性并不显著。不同的环境因子对不同的处理、不同的树种有不同的影响程度^[14]，同一因子不同处理之间也有很大的差异，说明处理以及树种的差异使得植株对不同环境因子的敏感度发生变化，但各环境因子还是直接或间接的发挥作用，各环境

表 2 蒸腾速率和环境因子的相关系数矩阵

Table 2 Correlation matrix of transpiration rate and environmental factors

项目	小叶榕 <i>Ficus microcarpa</i>				拟单性木兰 <i>Parakmeria omeiensis</i>			
	C	T1	T2	T3	C	T1	T2	T3
气孔导度(Cond)	0.929**	0.927**	0.886**	0.888**	0.931**	0.968**	0.834*	0.790*
叶温(Tl)	0.364NS	-0.08NS	-0.20NS	-0.73NS	0.152NS	-0.642NS	0.90NS	-0.189NS
相对湿度(RH)	0.197NS	0.426NS	0.358NS	0.658NS	0.210NS	0.675NS	0.003NS	0.080NS
有效辐射(PAR)	-0.602NS	-0.421NS	0.605NS	0.197NS	-0.374NS	-0.121NS	0.487NS	-0.388NS
大气 CO ₂ (CO ₂ S)	0.627NS	0.270NS	0.558NS	0.06NS	0.623NS	0.454NS	-0.200NS	0.708NS
气温(Ta)	0.609NS	0.46NS	0.98NS	-0.466NS	0.068NS	-0.560NS	0.191NS	-0.087NS

注：相关性在α=0.05 水平上不显著 (P>0.05)；*表示相关性在α=0.05 水平上显著；**表示相关性在α=0.01 水平上显著；C、T1、T2、T3 同图 1

因子之间可能存在的相互作用也可能对蒸腾产生促进或抑制的作用，蒸腾速率是各环境因子综合作用的结果。蒸腾速率对环境因子的响应还有待进一步研究。

3 结论

不同剪枝处理下小叶榕和拟单性木兰的蒸腾速率有着明显的日变化，蒸腾速率的日变化曲线都呈双峰型。小叶榕第 1 高峰出现时间稍早于拟单性木兰，而第 2 高峰出现时间较一致。小叶榕断根后，随着剪枝程度的增加，总的耗水量减少，相对于对照都有很显著的变化，随着时间的延长慢慢恢复；拟单性木兰断根后蒸腾速率增加，随处理的增加蒸腾速率增大，总的耗水量减小，降低幅度不大。处理间蒸腾速率的差异主要是有气孔导度的变化引起的，小叶榕断根后能迅速调节气孔，以减少植株的水分消耗，所以很容易移栽，移栽后也能较快恢

复；拟单性木兰调节性能差，主要靠减少蒸腾总面积即枝叶量来减少植株的水分消耗。这就决定了拟单性木兰必须大量剪枝才能保证成活，影响移栽后的景观效果。处理间蒸腾速率的差异则是多种因素综合作用的结果，同一环境因子对不同处理的影响程度也不同。

2 种植物以及各自处理之间，光合日变化明显，但 Pn 的峰、谷值发生的时间各不相同，反映出研究个体的光合作用对自然因子特别是光照强度日动态的响应存在差异，是由植物自身的差别以及不同的处理所造成的。小叶榕的光合作用日变化曲线比较规则，而拟单性木兰则存在较大差异，说明剪枝处理拟单性木兰的影响更为复杂。小叶榕光合速率与气孔导度的相关性较差，拟单性木兰相关性显著。

在轻度剪枝情况下小叶榕表现出高水分利用

效率,强CO₂固定能力,说明小叶榕潜在恢复能力最好,但在环境条件不太好的情况下,需要适当增加剪枝量,以提高成活。拟单性木兰3个处理之间水分利用效率差异不大。在移栽时要根据具体情况综合考虑以达到最优结果。

实验从理论上证实了无论是树种还是处理造成的成活水平差异,在很大程度上都受移栽后生理机能的调节作用影响,能够迅速调节气孔导度,适应外界的变化个体就有较高的成活率。人为的剪枝等措施虽然也在一定程度上提高了成活水平,但仍存在很多不足,不满足实际需求,因此,只有从植物的内部机制入手加以调节,才能从根本上解决成活率的问题。

参考文献:

- [1] 彭镇华,张旭东. 乔木在城市森林建设中的重要作用[J]. 林业科学研究, 2004, 17(5): 666-673.
PENG Zhehua, ZHANG Xudong. The importance of trees in the buildings of city forests[J]. Forest Research, 2004, 17(5): 666-673.
- [2] 周国宁,陈相强,骆文坚. 大树移栽技术探讨[J]. 浙江林业科技, 2002, 22(2): 65-67.
ZHOU Guoning, LUO Wenjian, CHEN Xiangqiang. Inquiry into transplantation of big tree[J]. Journal of Zhejiang Forest Science, 2002, 22(2): 65-67.
- [3] 高新一,尹魁林. 提高树木移栽成活率的措施[J]. 植物杂志, 2001, 6: 27-28.
GAO XIN YI, YI KUI LIN. The measures to improve the survival rate of trees transplantation[J]. Plants, 2001: 27-28.
- [4] 刘学军. 提高生长期内树木移栽成活率[J]. 科技园地, 2001(3): 33-34.
LIU Xuejun. Improve the survival rate of trees transplantation during the growth season[J]. Science and Technology Garden, 2001, 3: 33-34.
- [5] 曹基武,唐文东. 绿化新秀—乐东拟单性木兰[J]. 植物杂志, 2002, 5: 21-21.
CAO Jiwu, TANG Wendong. The new species of virescence—*Parakmeria lotungensis* (Chun et C. Tsoong) Law[J]. Plants, 2004, 3: 18.
- [6] 赵平,孙谷畴,曾小平,等. 两种生态型榕树的叶绿素含量、荧光特性和叶片气体交换日变化的比较研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 327-332.
ZHAO Ping, SUN Guchou, ZENG Xiaoping, et al. A comparative study on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and diurnal course of leaf gas exchange of two ecotypes of banya[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(3): 327-332.
- [7] 李艳玲,褚太恒,黄承彬. 华南植物园竹园改造规划设计构想[J]. 广东园林, 2005, 28(2): 23-26.
LI Yanling, CHU Taiheng, HUANG Chengbin. Design of the bamboo garden rebuilding in South China Botanical Garden[J]. Guangdong Landscape Architecture, 2005, 28(2): 23-26.
- [8] EAMUS D. The interaction of rising CO₂ and temperatures with water use efficiency[J]. Plant, Cell and Environment, 1991, 14: 843-852.
- [9] 郭志华,王伯荪,张宏达. 银杏的蒸腾特性及其对遮荫的响应[J]. 植物学报, 1998, 40(6): 567-572.
GUO Zhihua, WANG Bosun, ZHANG Hongda. On the characteristics of transpiration and its research to shade in *Ginkgo Biloba*[J]. Acta Botanica Sinica, 1998, 40(6): 567-572.
- [10] 王孟本,李洪建,柴宝峰,等. 树种蒸腾作用、光合作用和蒸腾效率的比较研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(5): 401-410.
WANG Mengben, LI Hongjian, CHAI Baofeng, et al. A comparison of transpiration, photosynthesis and transpiration efficiency in four tree species in the loess region[J]. Acta Phytocologica Sinica, 1999, 23(5): 401-410.
- [11] 文建雷,刘志龙,王姝清. 水分胁迫条件下元宝枫的光合特征及水分利用效率[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(2): 1-3.
WEN Jianlei, LIU Zhilong, WANG Shuqing. Photosynthetic characters and water utilization efficiency in *Acer truncatum* under water stress[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(2): 1-3.
- [12] 高健,侯成林,吴泽民. 淹水胁迫对I-69/55杨蒸腾作用的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 518-522.
GAO Jian, HOU Chenglin, WU Zemin. Effect of flooding stress on transpiration of poplar I269/55[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(4): 518-522.
- [13] 李国泰. 种园林树种光合作用特征与水分利用效率比较[J]. 林业科学研究, 2002, 15(3): 291-296.
LI Guotai. The Photosynthesis and water use efficiency of eight garden tree species[J]. Forest Research, 2002, 15(3): 291-296.
- [14] 冷平生,杨晓红,胡悦,等. 5种园林树木的光合和蒸腾特性的研究[J]. 京农学院学报, 2000, 15(4): 13-18.
LENG Pingsheng, YANG Xiaohong, HU Yue, et al. Studies on the characteristics of photosynthesis and transpiration of five gardening trees[J]. Journal of Beijing Agricultural College, 2000, 15(4), 13-18.

Characteristics of transpiration and photosynthesis of two gardening trees after root and branch pruning

WANG Lili^{1,2}, ZHOU Guoyi¹

1. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract: Two gardening trees (*Ficus microcarpa* and *Parakmeria omeiensis*), with distinct survival rates, were chosen to study. Roots and different amount of branches were pruned to represent different survival probabilities. Photosynthesis rate, transpiration rate and stomatal conductance were observed before and after root pruning and compared among trees with different survival probabilities, so as to find crucial factors in survival rate from physiological ecology. The results are as follows: ① Compared with *Parakmeria omeiensis*, *Ficus microcarpa* is more sensitive to root pruning, and it can rapidly reduce stomatal conductance and transpiration rate to reduce water consumption, therefore, *Ficus microcarpa* has higher survival probability. On the contrary, stomatal conductance and transpiration rate of *Parakmeria omeiensis* increased and the decrease of water consumption mainly depended on branches pruned. The daily average of transpiration rate for *Ficus microcarpa* is higher than that for *Parakmeria omeiensis*, and daily mean water consumption of both species decreased while amount of pruned branches increased. ② Photosynthesis rate of *Parakmeria omeiensis* is remarkably correlated with stomatal conductance while the relationship between photosynthesis rate and stomatal conductance of *Ficus microcarpa* is not significant. The daily average of photosynthesis rate for *Ficus microcarpa* is higher than that for *Parakmeria omeiensis*, and diurnal variations of each species differ among treatments. ③ Diurnal variations of WUE for the two gardening trees changed after root pruning, and the daily mean WUE of *Ficus microcarpa* increased with amount of pruned branches increasing while that of *Parakmeria omeiensis* is similar among treatments and contrast. We need more researches on the physiological mechanisms of trees so as to find more effective solutions to transplanting.

Key words: gardening tree; transplanting; transpiration rate; stomatal conductance; photosynthesis rate; WUE