

拟单性木兰不同季节断根和剪枝后 蒸腾和光合特性的变化

王莉丽^{1,2}, 周国逸^{1*}

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

摘要: 在 2005 年春季、夏季和秋季, 对 10 a 生拟单性木兰 (*Parakmeria omeiensis*) 进行断根和剪枝处理, 模拟移栽, 用 LICOR-6400 测定了植株叶片的蒸腾速率、光合速率等生理指标, 探讨这些生理指标对不同季节移栽成活率的影响。结果表明, 春季处理后叶片能迅速关闭部分气孔, 蒸腾速率和光合速率都减小, 两者最低时约为对照的 60%, 生理机能的减弱有利于维持地上、地下部分的平衡, 因而最有利于植株成活。夏季处理后叶片气孔导度显著增加, 光合速率和蒸腾速率也随之增大, 最高时约为对照的 2 倍左右, 此时, 若主要依靠剪枝来降低水分消耗, 很难保证水分代谢平衡, 移栽成活率低。秋季处理后植株叶片气孔导度高于对照, 光合速率和蒸腾速率也增加, 但增加幅度相对夏季较小, 前期最高约增加 40%, 此时移栽可以通过适当的剪枝和增加土壤水分含量等措施提高成活率。可见, 与水分相关的生理机能的调节机制, 决定了移栽后的成活水平, 即处理后能迅速调节自身生理机能、减少水分消耗的植株, 成活率就高, 反之就低。

关键词: 拟单性木兰; 移栽; 蒸腾速率; 光合速率; 气孔导度; 水分利用效率

中图分类号: Q945.172

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2006)05-0397-06

Changes in Characteristics of Photosynthesis and Transpiration in *Parakmeria omeiensis* after Cutting Root and Branch in Different Seasons

WANG Li-li^{1,2}, ZHOU Guo-yi^{1*}

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

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

Abstract: The *Parakmeria omeiensis* trees of 10 years treated by cutting root and branch in the spring, summer and autumn, 2005, were compared with those untreated in photosynthesis and transpiration to discuss the effects of physiological factors on the transplant survival rate in different seasons. In the spring, stomatal conductance sharply declined in the treatment, followed by decreasing transpiration and photosynthetic rates with the lowest rates as much as about 60% of those in the control, causing a small portion of water lost from the plants. The weakening in physiological function contributed to the transplant survival rate by metabolism balanced between underground and aboveground. In the summer, transpiration and photosynthetic rates significantly increased with stomatal conductance in the treatment. And the highest rates of transpiration and photosynthesis were about double those in the control, suggesting a great amount of water loss. The low transplant survival rate occurred because the

收稿日期: 2006-02-28 **接受日期:** 2006-06-06

基金项目: 中国科学院知识创新方向性项目 (KSCX2-SW-120) 资助

* 通讯作者 Corresponding author

lost water could not be compensated enough mainly by cutting branch. In the autumn, the treated plants were higher in stomatal conductance, transpiration and photosynthetic rates than the control. But the increments of both transpiration and photosynthetic rates were slight, relative to those in the summer, and the highest rates were 40% higher than those in the control shortly after treatment. The transplant survival rate could be improved by properly cutting branch or increasing water content in soil. It is concluded that the transplant survival rate is determined by altering physiological function relate to water metabolism, viz, plants capable of reducing water loss by rapidly manipulating their own physiological function have higher transplant survival rate, vise versa.

Key words: *Parakmeria omeiensis*; Transplanting; Transpiration rate; Photosynthetic rate; Stomatal conductance; Water use efficiency

随着园林绿化事业的不断发展,“一次成园”、“短期成景”的需要,使得树木移栽成为必然^[1-2]。在实践中发现:移栽的季节不同,树木成活率存在差异,春季最容易成活,秋季次之,而夏季成活率最低^[3]。园林工作者不断通过实践来改善低成活率状态^[4],但仍没有从根本上解决成活率低的问题,我们需要从生理生态角度研究影响树木成活的关键因子。目前,对于植株在不同季节移栽后,其生理机能的调节情况还了解不多,国外曾有学者研究了一、两年生盆栽树木或果树移栽后的生物量、结实率等的变化情况^[5-8],对于较大树木移栽后生理方面的变化情况还未见相关研究报道。

拟单性木兰 (*Parakmeria omeiensis*) 为木兰科拟单性木兰属植物,常绿乔木,树形美观,叶片深绿有光泽,花白色芳香,具有抗污染和吸收有毒气体的能力,近年来成为园林绿化的新热门树种^[9-10],但由于生长缓慢又较难移栽,极大地限制了其在园林工程中的应用,目前对拟单性木兰生理生态特性的研究甚少。本研究对拟单性木兰在不同季节经断根和剪枝处理后的水分生理指标进行了观测,旨在了解拟单性木兰的相关生理生态特性,为拟单性木兰的保护、开发、利用提供生理生态学依据,并尝试解释不同季节植物移栽成活水平不同的原因,同时也为今后进行树木移栽及研究提供理论依据。

1 实验地概况

实验地设在广州市东北郊龙眼洞的中国科学院华南植物园展示区中心苗圃,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,属南亚热带季风气候,年平均温度为 22℃,极端最高温 38℃,极端最低温 0.8℃,年降雨

量为 1 600–1 800 mm。园内地形复杂多样,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^[11]。

2 材料和方法

分别于 2005 年 4 月下旬、7 月中旬、10 月中旬对拟单性木兰 (*Parakmeria omeiensis*) 进行断根和剪枝处理,每次均选取 6 株生长健壮、树龄都为 10 a 的植株进行;3 株原地断根和剪枝模拟移栽,保持约 50 cm 土球直径,另 3 株不做任何处理作为对照。根据实践经验,本研究选用 75% 剪枝,估算剪枝前后总叶面积,以减少误差。

每次处理后每隔 3–5 d 选择晴朗无云天气,在上午 9:00–11:00,用 LICOR-6400 在自然光源下测定叶片的光合速率 (Pn)、蒸腾速率 (Tr)、气孔导度 (Cond) 等生理指标,观测其长期变化情况。瞬时水分利用效率 (WUE) 采用 $WUE(\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}) = Pn / Tr$ 计算^[12]。选取冠层中部、向阳面的当年生枝条的 5–8 片中位成熟叶片作挂牌标志、定位测定^[13-14]。

每个测定时间的结果以“平均值 + 标准差”表示,通过 EXCEL 软件完成。

3 结果和分析

3.1 蒸腾速率、光合速率的变化及其与气孔导度的关系

图 1 为在 3 个季节里,拟单性木兰经断根和剪枝处理后叶片的蒸腾速率的变化情况。可以看出,春季 (4–6 月,图 1) 植株对断根和剪枝处理最为敏感,处理后叶片的蒸腾速率逐渐降低,在第 4 天前出现最低值,约为对照的 60%,而后与对照的差

异逐渐缩小,说明处理后的植株在慢慢恢复;处理后气孔导度也逐渐降低(图 3),在第 4 天前后约为对照的 54%,第 10 天前后达到最低值,约为对照的 47%,后逐渐升高,可见,处理后植株通过调节气孔导度以平衡处理后水分的吸收利用,推断前一个星期为影响存活的关键期。夏季处理后,叶片的蒸腾速率显著增加,在第 4 天前后达到一个峰值,约为对照的 2 倍;处理 1 周后叶片的蒸腾速率才低于对照,但总的降低幅度不大,第 15 天前后达到一个谷值,约为对照的 60%,而处理 2 周后叶片的蒸腾速

率又高于对照,之后则与对照的变化趋势相似。夏季是植物生长旺盛的季节,由于受高温、强辐射等的影响,断根剪枝处理后的叶片通过调节气孔导度以减少水分消耗的能力减弱,人为剪枝虽能减少叶片的蒸腾总面积,但水分消耗的减少幅度不大,同时由于断根后,植株根系的水分吸收能力也在一定程度上减弱,因此,植株的水分代谢很可能失衡,这导致树木移栽不易成活。秋季(10-12 月,图 1)植株断根剪枝处理后叶片的蒸腾速率逐渐高于对照,第一周内增加幅度比夏季小,最高约增加 40%,此时可以通过适当的剪枝和人为提高土壤水分含量

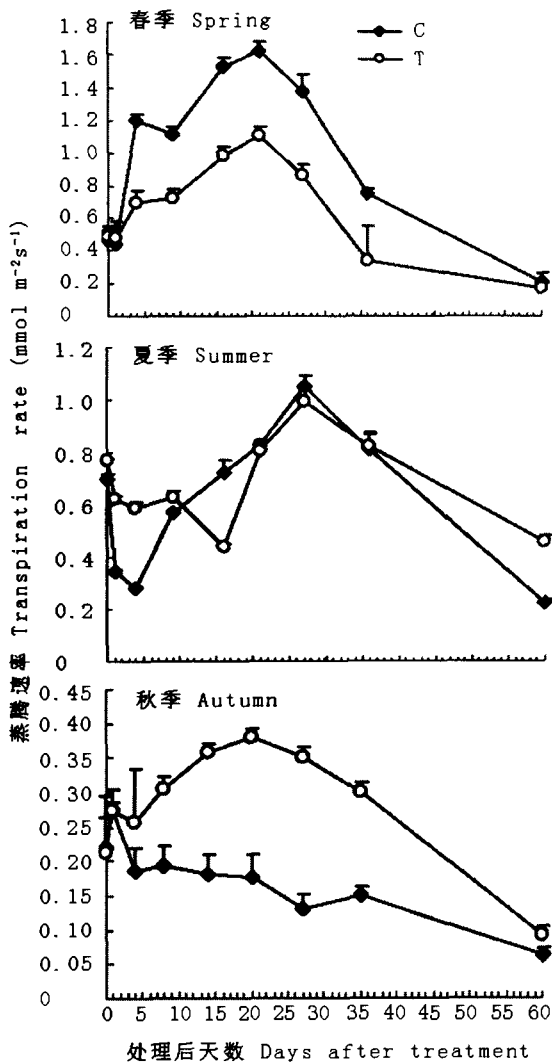


图 1 拟单性木兰在 3 个季节中叶片蒸腾速率的变化

Fig. 1 Transpiration rate dynamics in leaves of *Parakmeria omeiensis* in three seasons

C: 对照 Control; T: 断根并剪去枝叶量的 2/3 Cutting 2/3 branches after root pruning. (n=3)

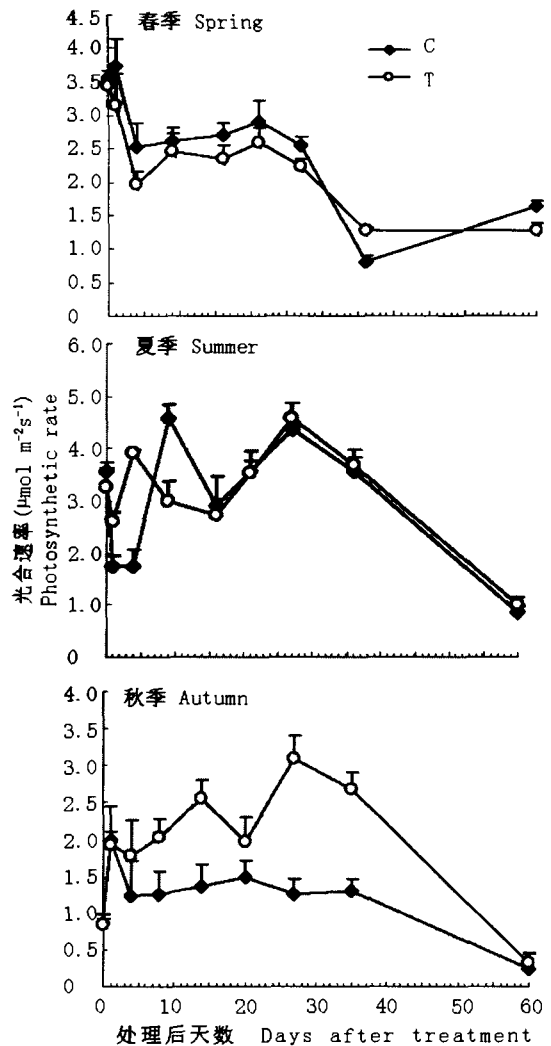


图 2 拟单性木兰在 3 个季节中叶片光合速率的变化

Fig. 2 Photosynthetic rate dynamics in leaves of *Parakmeria omeiensis* in three seasons

C: 对照 Control; T: 断根并剪去枝叶量的 2/3 Cutting 2/3 branches after root pruning. (n=3)

等措施,来提高树木的成活率;其后叶片蒸腾速率(图 1)继续升高,可能此时植株根系已经慢慢恢复,且此时温度、湿度、有效辐射等均较低,土壤等环境条件可改善空间大,稍加养护就可以避免植株水分代谢失衡,恢复趋势较好,因此,树木移栽的成活率也较高。

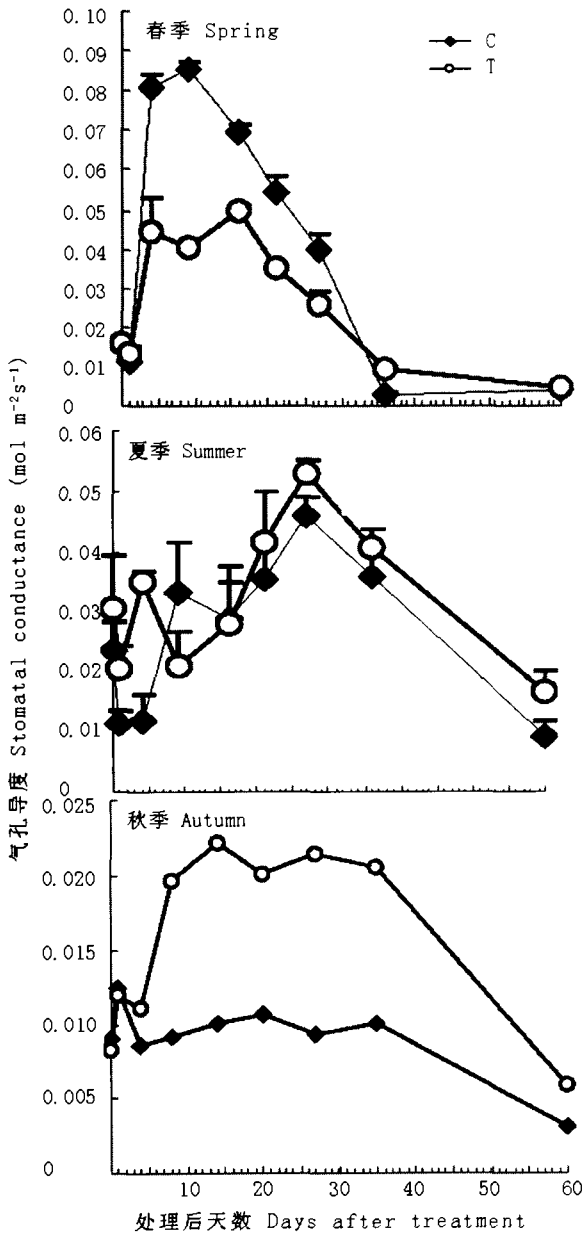


图 3 拟单性木兰在 3 个季节中叶片气孔导度的变化
Fig. 3 Stomatal conductance dynamics in leaves of *Parakmeria omeiensis* in three seasons
C: 对照 Control; T: 断根并剪去枝叶量的 2/3 Cutting 2/3 branches after root pruning. (n=3)

拟单性木兰在 3 个季节中叶片的光合速率(图 2)的变化趋势与蒸腾速率的类似。春季经断根和剪枝处理后叶片的光合速率降低(图 2),但与对照相差不大,最低时约为对照的 80%,变化趋势与对照相似,处理 45 d 后光合速率逐渐高于对照。夏季(图 2),植株刚处理后叶片的光合速率高于对照,在第 4 天前达到第一个峰值,约为对照的 2 倍,1 周后又低于对照,在第 10 天前达到一个谷值,约为对照的 65%,与蒸腾速率的变化不太一致(图 1);2 周后又逐渐接近对照值并保持相似的变化趋

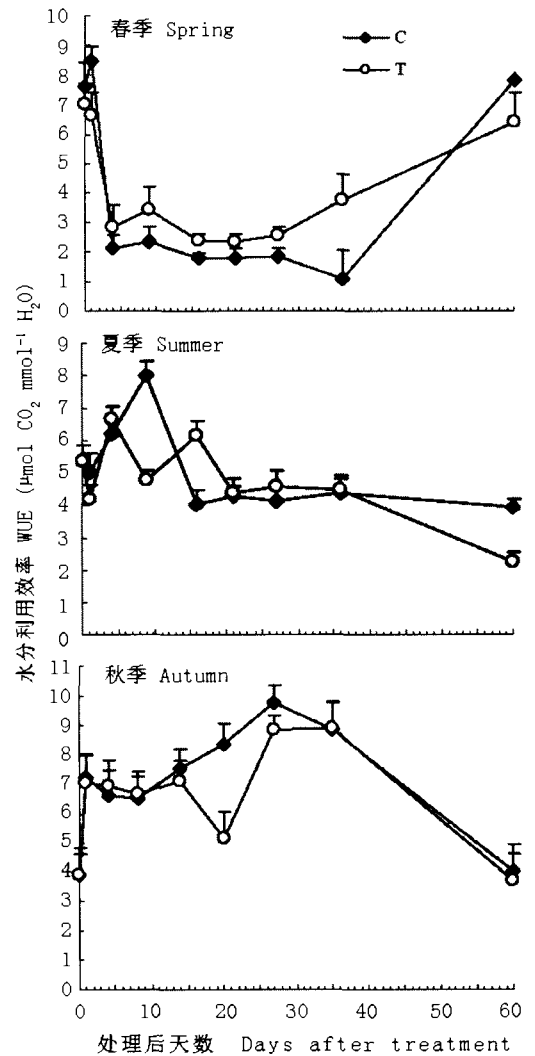


图 4 拟单性木兰在 3 个季节中叶片水分利用效率的变化
Fig. 4 WUE dynamics in leaves of *Parakmeria omeiensis* in three seasons
C: 对照 Control; T: 断根并剪去枝叶量的 2/3 Cutting 2/3 branches after root pruning. (n=3)

势。秋季(图2),植株处理后叶片的光合速率逐渐升高,前期增加幅度较小,第4天约增加40%左右,以后随着植株的恢复逐渐升高,在27d前后达到峰值,此后逐渐降低,恢复到对照水平。

气孔导度的变化趋势(图3)与蒸腾速率和光合速率的变化类似,这与前人的研究结果一致^[15-16]。春季(图3)植株经断根和剪枝处理后叶片的气孔导度逐渐降低,第10天前达到最低值,约为对照的47%,后逐渐升高,恢复到对照水平。夏季(图3)植株经断根和剪枝处理后叶片的气孔导度高于对照,在第4天前达到第一个峰值,约为对照的3倍左右,在第10天前达到一个谷值,约为对照的65%,以后逐渐高于对照并与对照有相似的变化趋势。秋季(图3)植株经断根和剪枝处理后叶片的气孔导度逐渐升高,前期增加幅度较小,第4天前约增加30%左右,随着植株的恢复气孔导度逐渐升高,在27d前后达到峰值,后又逐渐下降到对照水平。

3.2 水分利用效率的变化

图4为拟单性木兰在3个季节中的水分利用效率的变化情况。春季经断根和剪枝处理后第1天水分利用效率降低,约为对照的80%,后逐渐高于对照,在第4天约为对照的135%,之后一直高于对照水平。由于植株断根后水分吸收量会减少,植株通过自身调节部分气孔关闭以降低叶片的蒸腾速率,减少了水分消耗,此时气孔导度的降低对光合速率的影响更大,所以水分利用效率降低;随后由于非气孔因素,如胞间CO₂浓度的升高,减弱了气孔导度对光合速率的影响,水分利用效率提高。水分利用效率反映了在相同耗水量情况下的叶片固定CO₂的能力,因此春季在植株移栽时进行适当的修剪能更有效地利用土壤中的水分。夏季处理的植株水分利用效率变化较为复杂,前10天的水分利用效率都低于对照,最低时与对照的比值只有0.6;2周后才慢慢高于对照,在16d前后达到峰值,约增加54%,35d后又低于对照。这可能是夏季植物生长处于旺盛阶段,断根和剪枝处理对植株的影响较大,植株的恢复情况较差。秋季总体上处理与对照的水分利用效率相差不大,说明断根和剪枝处理对叶片的蒸腾速率和光合速率的影响程度相近,此时植株生长趋于缓慢,断根和剪枝处理后也能较快

恢复。但在第20天前处理与对照的水分利用效率有较大差异,主要是此时蒸腾速率与光合速率的变化相差较大导致的。

4 结论

从以上分析可见,春季拟单性木兰对断根和剪枝处理最为敏感,处理后叶片能迅速关闭部分气孔以降低蒸腾速率和光合速率,水分消耗显著降低;由于移栽时根系受到损伤,使得水分、养分吸收不足,将难以维持地上部分的正常生理活动,但此时移栽后植株的生理机能降低,植株消耗减少,就可以避免代谢失衡,所以植株成活率最高。夏季断根和剪枝处理后叶片的气孔导度显著增加,蒸腾速率和光合速率提高,这就使得植株地下、地上部分的收支失衡,很容易导致死亡,因此,夏季植株移栽成活率较低。只有通过大量剪枝来减少地上部分的消耗来提高成活率,这样又影响移栽后的景观效果。秋季断根和剪枝处理后植株叶片的气孔导度也增加,蒸腾速率和光合速率提高,但增加幅度较小,此时环境条件较有利于植株的生长,且可改善的空间大,可以通过浇水提高土壤水分含量,提高根系的水分吸收量,将能提高成活率。

本研究表明,拟单性木兰在不同季节移栽成活率不同,主要是由于移栽后植株自身生理机能的调节程度的差异,成活率高的季节,植株能迅速降低自身生理活动、减少水分消耗,而成活率低季节,植株的调节机能较弱。个体的调节机制与外界的环境变化是密切相关的,需要进一步研究两者之间的相互作用机制,找到解决移栽成活率低的更有效措施。只有找到有效调节植株内部与水分相关的生理机能的机制才能从根本上解决移栽成活率低的问题。

参考文献

- [1] 田民. 浅谈园林树木在园林建设中的作用[J]. 河北林业科技, 2005, (4):201-202.
- [2] 李杰. 植物造景在城市景观设计中的应用[J]. 山西林业, 2005, (1):24-25.
- [3] 刘学军. 提高生长期内树木移栽成活率[J]. 江苏绿化, 2001, (3): 33-34.
- [4] 张加明, 陈少鹏. 树木移栽死亡原因分析[J]. 吉林林业科技, 2003, 32(6):57.
- [5] Abod A, Webster A D. The influence of root pruning on subsequent

- root and shoot growth of *Malus*, *Tilia* and *Betula* [J]. *J Hort Sci*, 1991, 66(2):227-233.
- [6] Poni S, Taflivini M, Neri D, et al. Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees [J]. *Sci Hort*, 1992, 52:223-236.
- [7] Lindqvist H, Bornman J F. Influence of time of lifting and storage on the potential photosynthetic efficiency in newly developed leaves of bare-root silver birch and common oak [J]. *Sci Hort*, 2002, 94:171-179.
- [8] Khan Z U, McNeil D L, Samad A. Root pruning reduces the vegetative and reproductive growth of apple trees growing under an ultra high density planting system [J]. *Sci Hort*, 1998, 77(3-4): 165-176.
- [9] Xu J H(徐加汉), Li D X(李达孝), Li Y Y(李玉媛). Biological and ecological characteristics of *Parakmeria yunnanensis* and its role in urban afforesting and greening [J]. *Yunnan For Sci Techn*(云南林业科技), 2002, 6(2):31-33.(in Chinese)
- [10] 曹基武, 唐文东. 绿化新秀—乐东拟单性木兰 [J]. *湖南林业*, 2004, (3):18.
- [11] 李艳玲, 褚太恒, 黄承彬. 华南植物园竹园改造规划设计构思 [J]. *广东园林*, 2005, 28(2):23-26.
- [12] Eamus D. The interaction of rising CO₂ and temperatures with water use efficiency [J]. *Plant Cell Environ*, 1991, 14:843-852.
- [13] Leng P S(冷平生), Yang X H(杨晓红), Hu Y(胡悦), et al. Studies on the characteristics of photosynthesis and transpiration of five gardening trees [J]. *J Beijing Agri Coll*(北京农学院报), 2000, 15(4):13-18. (in Chinese)
- [14] Li G T(李国泰). The photosynthesis and water use efficiency of eight garden tree species [J]. *For Res*(林业科学研究), 2002, 15(3): 291-296.(in Chinese)
- [15] Guo Z H(郭志华), Wang B S(王伯荪), Zhang H D(张宏达). On the characteristics of transpiration and its responses to shade in *Ginkgo biloba* [J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), 1998, 40(6):567-572. (in Chinese)
- [16] Wang M B(王孟本), Li H J(李洪建), Cai B F(柴宝峰), et al. A comparison of transpiration, photosynthesis and transpiration efficiency in four tree species in the loess region [J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 1999, 23(5):401-410.(in Chinese)