

黄土高原侧柏、臭椿光合、蒸腾作用比较研究

梁月,郭建斌,殷丽强

(北京林业大学水土保持学院水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室,北京 100083)

摘要:对黄土高原半干旱区侧柏和臭椿的光合、蒸腾特性进行了系统的研究,并对光合速率、蒸腾速率、气孔导度、水分利用率和胞间 CO_2 浓度进行了分析,结果表明:臭椿的日蒸腾速率、日光合速率、水分利用效率和气孔导度均高于侧柏;臭椿和侧柏的胞间 CO_2 浓度都随着光合速率的变化而变化,光合速率高则胞间 CO_2 浓度较低,反之则较高,侧柏和臭椿在长期适应环境的过程中产生了不同的生理生态对策。

关键词:侧柏;臭椿;光合;蒸腾;黄土高原

中图分类号:S715.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0156-03

Study on Transpiration, Photosynthesis of *Platycladus orientalis* and *Ailanthus altissima* in the Loess Plateau

LIANG Yue, GUO Jian-bin, YIN Li-qiang

(College of Soil and Water Conservation in Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: The transpiration, photosynthesis of *Platycladus orientalis* and *Ailanthus altissima* in the semi-arid region of the Loess Plateau were studied. The P_n , E , G_s , WUE and C_i were analyzed. The result showed that the average P_n , E , WUE and G_s of *Ailanthus altissima* were higher than that of *Platycladus orientalis*; The C_i of *Platycladus orientalis* and *Ailanthus altissima* were changed by the change of P_n , the higher of P_n with lower C_i , on the contrary was higher. They have established different ecological strategy to adapt the environment.

Key words: *Platycladus orientalis*; *Ailanthus altissima*; transpiration; photosynthesis; Loess Plateau

侧柏 [*Platycladus orientalis* (Linn.) Franco] 和臭椿 [*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle] 是我国黄土半干旱区荒山造林的主要先锋树种。侧柏产于内蒙古南部、东北南部、华北, 南达广东、广西北部, 西至陕西、甘肃, 西南至四川、云南、贵州及华东地区均有分布, 垂直分布海拔 800~1 500 m。而臭椿的适生范围为北起辽宁、河北, 南达江西、福建, 西至甘肃、青海均有栽培, 其中以华北、西北地区栽培最多。垂直分布海拔 1 500 m 以下, 山东 900 m 以下。在黄土半干旱区退耕还林的过程中, 还应重视荒坡地的利用, 通过研究侧柏和臭椿的光合、蒸腾特性差异, 旨在探讨它们与环境的关系及适应干旱环境的生理学机制, 为黄土山区的植被恢复、改善日趋退化的生态环境及选择适宜的人工恢复措施提供科学的理论依据。

1 实验区概况

试验地设在山西省方山县国营苗圃, 地处黄河中游黄土丘陵沟壑区, 位于北纬 $37^{\circ}36'58''$, 东经 $110^{\circ}02'55''$, 平均海拔 1 200 m; 属暖温带大陆性季风气候。多年平均降雨量 416 mm, 且年内分配不均匀, 6~9 月的降水占全年的 70% 以上,

多年平均水面蒸发量达 1 857.7 mm, 最大蒸发量出现在 5~6 月, 远大于降雨量。干燥度 1.3, 年平均气温 7.3°C , 极端高温 35.6°C (1980-05-29), 极端低温 -25.3°C (1981-01-30), 年无霜期 140 d, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年活动积温为 2 223.5 $^{\circ}\text{C}$; 冰冻期 5 个月, 冻土层达 96.2 cm。全年平均风速 2~4 m/s, 以东北风为主。土壤为黄绵土, pH 值为 8.0~8.4, 平均土壤密度为 1.21 g/cm³, 最大田间持水量为 21%。

2 材料与方法

2.1 试验材料

试验材料选取臭椿株高平均为 40 cm, 地茎平均为 1 cm, 侧柏株高平均为 100 cm, 地茎平均为 2 cm 的长势良好, 没有病虫害的盆栽 3 a 生苗木, 盆口径 30 cm, 高 35 cm, 盆内土壤均来自当地同一地区。

2.2 试验方法

2006 年 7 月 6 日, 天气晴朗, 光照充足, 使用 LI-6200 便携式光合作用测定仪, 选择每盆苗木中上部处健康、完整的叶片 2 片, 每次测取 3 个稳定的数值, 观测时间从 8:00~18:00 每隔 2 h 测定 1 次。仪器测定数据并记录: 光合速率

收稿日期: 2007-06-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (3007063); 国家科技支撑项目 (2006BAD03A0301)

作者简介: 梁月 (1982-), 女, 硕士, 主要从事生态环境工程研究。E-mail: liangyue3009@163.com

通信作者: 郭建斌 (1962-), 男, 副教授, 博士, 主要从事林业生态工程及生态环境建设研究。

(P_n)、蒸腾速率(E)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、空气相对湿度(R_h),按 $WUE = P_n/E$ 求出水分利用率^[1]。

3 结果与分析

3.1 光合速率、蒸腾速率和气孔导度、水分利用效率比较

由表 1 可以看出,臭椿日平均光合速率较高(3.83 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$),比侧柏高 84.07%;日平均蒸腾速率侧柏的较

低[1.90 $\mu\text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)$],是臭椿的 68.91%;日平均水分利用效率以臭椿的较高(0.63),比侧柏高出 50.79%;气孔导度臭椿[0.07 $\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]比侧柏的高。通过以上分析可以看出臭椿的蒸腾速率、光合速率、水分利用效率和气孔导度均高于侧柏,说明臭椿和侧柏相比较是一种高光合、高蒸腾、高水分利用率的优良抗旱树种。

表 1 侧柏、臭椿日平均光合速率、蒸腾速率和水分利用效率比较

时间	光合速率/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		蒸腾速率/ ($\mu\text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)		水分利用效率		气孔导度/ ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	
	侧柏	臭椿	侧柏	臭椿	侧柏	臭椿	侧柏	臭椿
8:00	0.979	4.758	2.385	7.143	0.410	0.666	0.040	0.108
10:00	1.105	3.111	2.046	6.098	0.540	0.510	0.024	0.643
12:00	0.822	3.309	2.125	7.413	0.387	0.446	0.022	0.073
14:00	0.989	4.711	2.267	6.936	0.436	0.679	0.025	0.077
16:00	0.858	4.692	1.395	5.350	0.615	0.877	0.018	0.071
18:00	0.519	2.391	1.169	3.699	0.444	0.646	0.014	0.049
日平均	0.879	3.829	1.900	6.107	0.463	0.627	0.024	0.170

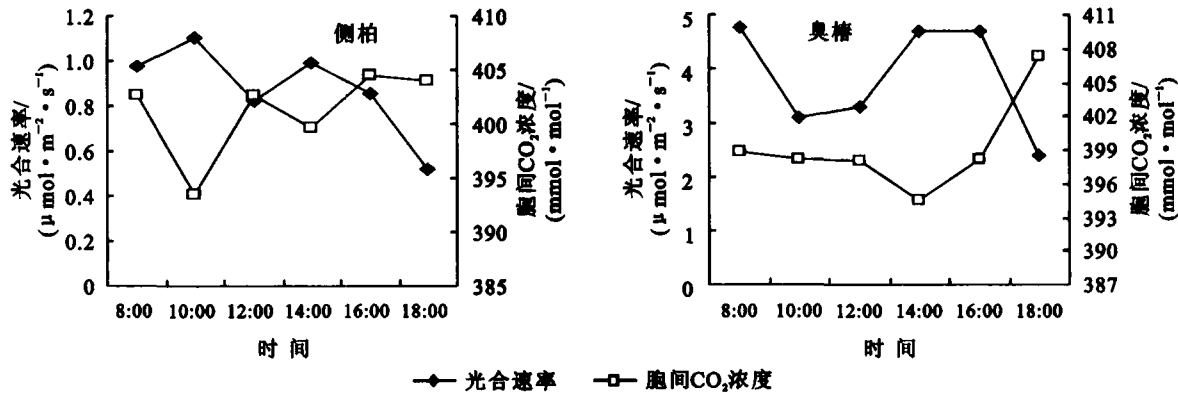


图 1 光合速率和胞间 CO_2 浓度的关系

3.2 臭椿、侧柏光合速率与蒸腾速率的日动态

从臭椿、侧柏光合速率、蒸腾速率的日变化情况可以看出,随着 1 d 内光照强度、气温、湿度等外界因子的变化,植物的光合速率和蒸腾速率及水分利用效率也相应的发生变化,但不同的树种其光合、蒸腾曲线日变化都有各自的特征。侧柏和臭椿光合速率日变化均呈现出“双峰”曲线,在中午(12:00)光合速率明显的降低,两种树种的光合速率日变化双峰形状和光合“午休”严重程度也有明显的区别,侧柏的在 10:00 达到第 1 个峰值,12:00 出现较明显的“午休”现象后^[2],在 14:00 出现第 2 个峰值,在 18:00 时光合速率下降到最低。臭椿在 8:00 时光合速率较高,然后随着温度的升高,在 10:00 时下降到最低点,“午休”时间比侧柏明显的提前,在 14:00 达到第 2 次峰值,在 16:00 只是略微的有所下降,但到 18:00 时达到最低点。在上午就出现“午休”这主要是因为从 7 月开始就进入到高光辐射期,日平均有效光辐射达 684.75 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,最高的有效光辐射达 1 189.35 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而形成光抑制的原因也可能是由于高的光辐射使气温升高,暗呼吸和光呼吸速率的增加导致光合速率下降^[3]。侧柏和臭椿的蒸腾速率日进程也是呈双峰曲线,侧

柏在 8:00 时达到第 1 个峰值,在 14:00 时达到第 2 个峰值,并在 18:00 时降至最低点。臭椿在 8:00 时达到第 1 个峰值,在 12:00 时达到第 2 次峰值。两树种在中午时蒸腾速率的差异原因可能是因为两树种针阔叶的不同,对气候有不同的适应能力,侧柏在中午时蒸腾速率会有所下降,这可能是由于中午空气湿度降低从而气孔关闭,蒸腾下降所致^[4],而臭椿在 12:00 时达到峰值,通过对这 2 种树种的比较可知,在荒漠树种中,用臭椿要比用侧柏的效果好。总体看侧柏和臭椿的光合速率和蒸腾速率变化是相似的,侧柏略有偏差。侧柏和臭椿的气孔导度日变化明显的不同,臭椿在 10:00 时出现峰值,在 14:00 出现不明显的峰值,而侧柏的气孔导度日变化不明显,这可能与它是针叶树种有关,在 8:00 和 14:00 出现两次峰值,但是变化过程缓慢^[5]。臭椿和侧柏的日水分利用率很相似,均呈现双峰曲线,都在 16:00 出现第 2 次峰值,臭椿的第 1 次峰值出现在 8:00,而侧柏在 10:00 达到第 1 次峰值。但臭椿的水分利用效率在整个日进程中均高于侧柏,说明臭椿在干旱环境中能充分的利用水资源,以高的光合和蒸腾方式来减少干旱对植物体本身的伤害。

3.3 臭椿和侧柏的光合速率和胞间 CO_2 浓度的关系

比较光合速率和胞间 CO_2 浓度(图 1)^[6],可以看出臭椿

的胞间 CO_2 浓度在 8:00 的时候开始减少,但是减少的幅度并不大,因为光合速率在减小,但是到 12:00 以后,随着光合速率的增加胞间 CO_2 浓度急剧减少,在 14:00 时光合速率达到最高,胞间 CO_2 浓度也降到最低,14:00 后随着光合速率的降低,胞间 CO_2 浓度急剧上升,在 18:00 时光合速率降低到最低,而胞间 CO_2 浓度上升到最高。侧柏的光合速率和胞间 CO_2 浓度的变化趋势和臭椿的相似,侧柏的光合速率在 10:00 达到最高值,胞间 CO_2 浓度在这个时刻达到最低,在 12:00 时随着光合速率的下降,胞间 CO_2 浓度升高,在 14:00 光合速率达到第 2 次峰值的时候,胞间 CO_2 浓度第 2 次下降,在 14:00 以后随着光合速率的下降,胞间 CO_2 浓度上升。胞间 CO_2 浓度随光合速率的变化情况可能是由于光合作用的进行要消耗植物体内的 CO_2 ,所以当光合速率上升的时候胞间 CO_2 浓度会相应的降低,而当光合速率下降的时候,消耗的 CO_2 较少则胞间 CO_2 浓度相应升高。

4 结果与讨论

(1)臭椿的日蒸腾速率、日光合速率、水分利用效率和气孔导度均高于侧柏,说明臭椿和侧柏相比是一种高光合、高蒸腾、高水分利用率的优良抗旱树种。

(2)臭椿和侧柏的光合速率日变化曲线均呈双峰形,在 12:00 时均较低,但也有明显区别,侧柏在 10:00 和 14:00 出现两次高峰,而臭椿在 8:00 和 14:00 出现 2 次峰值,臭椿的光合午休强度要明显高于侧柏,可能是由于臭椿属于阔叶树种,与侧柏相比较在高温(12:00)下仍能保持较高的光合速率。臭椿气孔导度日变化要明显的高于侧柏,这可能是由于两树种针阔叶的不同。臭椿的水分利用率比侧柏的要高,所以臭椿与侧柏相比更能适应干旱少雨的恶劣环境。

(3)臭椿和侧柏的胞间 CO_2 浓度都随着光合速率的变化而变化,光合速率增高则胞间 CO_2 浓度降低,反之则增高。这可能与植物的光合作用机理有关,光合作用的进行要消耗植物体内的 CO_2 ,所以当光合速率上升的时候胞间 CO_2 浓度会相应的降低,而当光合速率下降的时候,消耗的 CO_2 较少则胞间 CO_2 浓度相应升高。

综上所述,可以认为臭椿和侧柏在光合生理生态上有明显的差异,是其长期适应干旱环境过程中产生了不同的生理生态对策,从而使它们可以对不同的环境因子产生相应的适应性,而臭椿比侧柏有更高的适应干旱环境的能力。

参考文献:

- [1] 刘建平,韩路,龚卫江,等. 胡杨、灰叶胡杨光合、蒸腾作用比较研究[J]. 塔里木农垦大学学报,2004,16(3):1-6.
- [2] 陈文荣. 植物光合作用的“午睡”现象[J]. 生物学教学,2002,27(10):36-37.
- [3] 田晶会,贺康宁,王百田,等. 黄土半干旱区侧柏蒸腾作用及其与环境因子的关系[J]. 北京林业大学学报,2005,27(3):53-56.
- [4] 张华,王百田,郑培龙. 黄土半干旱区不同土壤水分条件下刺槐蒸腾速率的研究[J]. 水土保持学报,2006,20(2):122-125.
- [5] 杨娜,王冬梅,王百田,等. 土壤含水量对紫穗槐蒸腾速率与光合速率影响研究[J]. 水土保持应用技术,2006(3):6-9.
- [6] 阮成江,李代琼. 半干旱黄土丘陵区沙棘的光合特性及其影响因子[J]. 植物资源与环境学报,2000,9(1):16-21.
- [3] 屠梦照,姚文华,翁袁. 鼎湖山常绿阔叶林凋落物特性[J]. 土壤学报,1993,30(1):34-42.
- [4] 杨玉盛,林鹏,郭剑芬. 格氏栲天然林与人工林凋落物数量、养分归还及凋落叶分解[J]. 生态学报,2003,23(7):1278-1289.
- [5] 刘清田,崔文山,殷鸣放,等. 辽宁栎林资源状况及其保护利用构想[J]. 林业资源管理,2003(6):19-22.
- [6] 杨吉华,张永涛,李红云,等. 凋落物的持水能力和物理化学特征[J]. 水土保持学报,2003,17(2):141-144.
- [7] 王立新,王瑾,黄建辉. 辽东栎叶片凋落物在不同气候带下的分解及其主要元素释放的比较[J]. 植物学报,2003,45(4):399-407.
- [8] 王凤友. 森林凋落量研究综述[J]. 生态学进展,1989,6(2):8-89.
- [9] 雷启迪,等. 辽西山地人工油松纯林为混交林的探讨[J]. 生态学杂志,1997,6(1):8-13.
- [10] 王健,刘作新. 辽西人工林资源状况分析[J]. 干旱地区农业研究,2003(6):47-50.
- [11] 马兴华. 辽西地区森林现状及经营对策[J]. 辽宁林业科技,1995(6):44-46.
- [12] 郭浩,步兆东,田福军. 辽西油松纯林林分改造效益的综合评价[J]. 北京林业大学学报,2003,25(5):6-9.
- [13] 吴承祯,洪伟,姜志林. 我国森林凋落物研究进展[J]. 江西农业大学学报,2000,22(3):405-410.
- [14] 唐建维,张建候,宋启示,等. 西双版纳热带人工雨林生物量及净第一性生产力的研究[J]. 应用生态学报,2003,14(1):1-6.
- [15] 李久平,等. 人工油松纯林改造成混交林的研究[J]. 辽宁林业科技,1995(6):47-50.
- [16] Dray J R, et al. Litter production in forests of the world[J]. Adv. Eco. Res., 1964,2:101-157.
- [17] Killham K M. Deciduous leaf litter and cellulose decomposition in soil exposed to heavy atmospheric pollution[J]. Environ. Pollut., 1981,26:70-85.
- [18] Berg B, Ekbohm G. Litter mass-loss rates and decomposition patterns in some needle and leaf litter types VII. Long-term decomposition in a Scots pine forest[J]. Can J Bot, 1991,69:1449-1456.

(上接第 155 页)