林业科学研究 2006, 19(4): 463～466
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2006)04-0463-04

环境因子对毛乌素沙地紫穗槐光合、蒸腾速率的影响

张友焱[1,2], 刘致远[3], 周泽福[2], 党宏忠[2], 李 卫[2]

(1. 北京林业大学,北京 100083; 2. 中国林业科学研究院林业研究所,国家林业局林木培育重点实验室,北京 100091;
3. 山西省吕梁山森林经营局车鸣峪林场,山西 吕梁 033400)

摘要:用 Li-6400便携式光合仪,于 2004年 6—9月测定了毛乌素沙地紫穗槐的光合速率与蒸腾速率,研究了光合速率和蒸腾速率日变化特征及环境因子对其的影响,结果表明:光合速率日变化在 6、7月呈双峰型,峰值分别出现在 8:00和 18:00时,在 8、9月呈单峰型,最大值出现在 12:00时;蒸腾速率日变化在 6、7月呈双峰型,6月峰值分别出现在 10:00和 18:00时,7月峰值分别出现在 10:00和 16:00时,低谷都出现在 14:00时,在 8、9月呈单峰型,峰值出现在 12:00时;8月是光合速率和蒸腾速率最大的月份,分别为 15.48 μmol·m^{-2}·s^{-1}、5.87 mmol·m^{-2}·s^{-1}。在土壤含水量和光强适宜的情况下,空气湿度对紫穗槐光合速率和蒸腾速率的影响大于温度;在 6—9月,紫穗槐的水分利用效率呈现波动,表明其光合速率、蒸腾速率受环境影响较大。

关键词:毛乌素沙地;紫穗槐;水分利用效率;光合速率;蒸腾速率
中图分类号: Q945.11 **文献标识码**: A

The Influence of Environment Factors on Photosynthetic and Transpiration Rate of *Amorpha fruticosa* in Maowusu Sandland

ZHANG You-yan[1,2], *LIU Zhi-yuan*[3], *ZHOU Ze-fu*[2], *DANG Hong-zhong*[2], *LI Wei*[2]

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;
3. Forest Bureau of Lvliang, Lvliang 033400, Shanxi, China)

Abstract: The Li-6400 portable photosynthesis system was used for the dynamic research of photosynthesis and transpiration of *Amorpha fruticosa* in Maowusu sandland, and the environmental factors were recorded at the same time. This paper analyzed the diurnal change of photosynthesis and transpiration of *Amorpha fruticosa* and the effect of environmental factors. The results indicated that the photosynthetic rate displayed two-peak pattern in June and July and the peaks were at 8:00 and 18:00, and it displayed one-peak pattern in August and September and the peak was at 12:00. The transpiration rate displayed two-peak pattern in June and July and the peaks were at 10:00 and 18:00 in June and at 10:00 and 16:00 in July, and it displayed one-peak pattern in August and September and the peak was at 12:00. The highest photosynthetic and transpiration rates were in August and they are 15.48 μmol·m^{-2}·s^{-1} and 5.87 mmol·m^{-2}·s^{-1}. Under the favorable conditions of soil moisture and light, the photosynthetic and transpiration rates were affected by air humidity obviously. In different months, the water use efficiency of *Amorpha fruticosa* was fluctuated, and this indicated that photosynthesis and transpiration were affected by environmental factors.

Key words: Maowusu sandland; *Amorpha fruticosa*; water use efficiency; photosynthetic rate; transpiration rate

植物的光合作用是生态系统生产力形成的基础,也是物质循环的重要环节,而蒸腾作用是植物水分运移的动力,因此研究植物的光合、蒸腾特性是了解植物生理特性的重要途径。紫穗槐(*Amorpha fru-*

收稿日期: 2005-04-07
基金项目: 国家"863"农业节水专项(2002AA2Z4271)部分内容
作者简介: 张友焱(1975—),男,湖南岳阳人,助理研究员,北京林业大学博士生.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

ticosa L.)是豆科 (Leguminosae)紫穗槐属 (*Amorpha* L.)的一种多年生落叶丛生小灌木,其萌蘖能力强、耐沙压、生长迅速,近些年将其作为毛乌素沙地植被建设中的重要造林树种。许多学者对紫穗槐做了大量的研究,主要集中在树种的栽培[1,2]、防护效益[3~6]、抗性研究及营养化学成分的提取[7~12]等方面,对其耗水性方面也有少量研究,主要是针对苗木[13,14],而对其光合和蒸腾特性的研究较少,缺乏各季节的动态研究。本文通过测定毛乌素沙地紫穗槐 6—9月的光合速率与蒸腾速率,研究紫穗槐光合速率与蒸腾速率日变化特征及环境因子对其的影响,全面掌握其生长特性,特别是水分生理特征,为制定合理栽培措施提供参考,为该地确定适宜的造林树种提供依据。

1 研究区概况

试验地选在内蒙古乌审旗 (38°57′N, 109°17′E),该地区位于毛乌素沙地腹地,属北温带极端大陆性季风气候,其特点是干旱少雨,风大沙多,多年平均降水量 347.5 mm,年平均蒸发量 2 591.9 mm;年平均气温 21.8～22.6 ℃,年日照时数 2 886 h左右,无霜期 120～135 d。土壤类型以沙土为主,乔木树种以合作杨 (*Populus* ×*Xiaozhuanica* W. Y. Hsu et Liang cv. 'Opera')、旱柳 (*Salix matsudana* Koidz)、榆树 (*Ulmus pumila* Linn)为主;灌木树种以沙柳 (*Salix psammophila* C. Wang et Ch. Y. Yang)、柠条 (*Caragana korshinskii* Kom.)、羊柴 (*Hedysarum leave* Maxim)、油蒿 (*Artemisia ordosica* Krasch.)为主;草本植物主要有沙打旺 (*Astragalus adsurgens* Pall.)、苜蓿 (*Medicago sativa* L.)等。

2 材料和方法

测定的紫穗槐为平茬后 3年生,生长在沙丘底部,呈簇状,株高 1.5 m,地径 1 cm左右。试验于 2004年 6—9月进行,从紫穗槐顶端往下选取舒展的第 4片复叶的中间部位小叶片,测定其光合速率和蒸腾速率,并同步测定环境因子。

2.1 光合速率、蒸腾速率日变化的测定

于 6—9月 4个不同生长时期的晴天,从 6:00-18:00时,用 Li-6400便携式光合仪 (美国)测定单叶片的光合速率、蒸腾速率,同步记录空气温度、湿度等环境因子。每 2 h测 1次,每次测定相同叶位上正常生长的 3片叶,然后取其平均值。每个月测定 3 d,从中选取 1 d有代表性的数据。

2.2 土壤含水量的测定

用土钻取样烘干的方法。在测定当日取土,呈三角形布置 3个重复,土层深度 100 cm,每隔 10 cm取 1土样,每层土壤含水量取 3个数的平均值。

2.3 水分利用效率

紫穗槐水分利用效率为净光合速率与蒸腾速率的比值。

3 结果与分析

3.1 光合速率、蒸腾速率日变化

从图 1看出,紫穗槐的光合速率在 6、7月日变化呈双峰型,峰值出现在 8:00和 18:00时,第 1峰值大于第 2峰值,这与当地的气候有关:在 8:00和 18:00时,光强已达到光饱和点 (紫穗槐的光饱和点为 1 200 μmol·m^{-2}·s^{-1}),而此时空气温度和湿度有利于光合作用;8、9月的光合速率日变化呈单峰型,最大值出现在 12:00时。从表 1可看出:光合速率 6到 8月逐渐增大,在 8月达最大,9月又变小,这与生长季有关,9月紫穗槐处于生长末期,光合作用减弱。

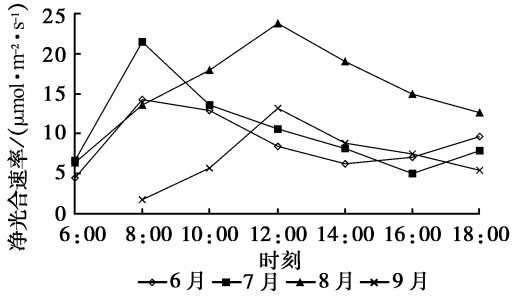

图 1 紫穗槐 6—9月光合速率的日变化

表 1 光合速率、蒸腾速率及水分利用效率各月变化

项 目	6月	7月	8月	9月
平均净光合速率/(μmol·m^{-2}·s^{-1})	9.02	10.44	15.48	7.04
平均蒸腾速率/(mmol·m^{-2}·s^{-1})	2.64	4.37	5.87	2.73
水分利用效率/(μmol·mmol^{-1})	3.57	2.72	3.61	3.71

蒸腾速率的日变化趋势与光合速率的基本一致,在 6、7月日变化呈双峰型 (图 2),在 6月峰值出现在 10:00和 18:00时,7月峰值出现在 10:00和 16:00时,低谷都出现在 14:00时。7月蒸腾速率的峰值与光合速率的相比,其第 1峰值推后,而第 2峰值提前,这与空气温、湿度对光合作用和蒸腾作用的影响有关。在 8、9月蒸腾速率的日变化呈单峰型,峰值分别出现在 14:00和 12:00时,这与李雪华[15]测定的基本一致,但峰值出现的时间不同,有所推迟,这可能与不在同一地区测定有关。蒸腾速率的

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

月变化同光合速率的趋同,最大值也出现在 8月。

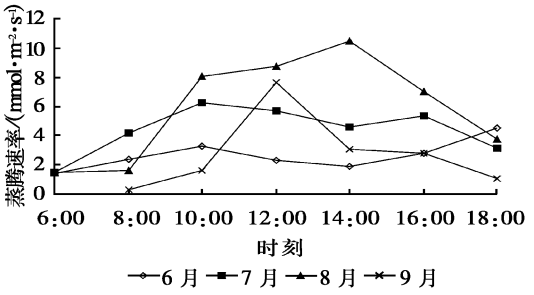

图 2　紫穗槐 6—9月蒸腾速率的日变化

3.2　环境因子的变化

3.2.1　土壤含水量、光强的变化　紫穗槐根系主要集中在地表下 1 m的土壤中[5],这一土层的水分变化严重影响紫穗槐的生长。从图 3看出,6—9月土壤含水量基本上均随土壤深度的加深而增加;6、8月的土壤含水量变化基本相似;7月的土壤含水量变化较大,在 50 cm处明显降低,然后再升高。从 100 cm深土层土壤含水量的平均值来看,9月最大,平均含水量为 23.7%,其次为 6、8月,7月最小,平均含水量为 15.7%。

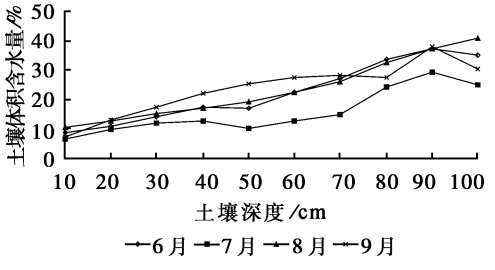

图 3　6—9月土壤含水量随土层深度的变化

光是影响植物生理功能的重要环境因子[16]。从图 4可以看出,各月光强 8:00—16:00时的值较大,维持在紫穗槐的光饱和点以上,在 12:00时达最大。6、7、8月的光强基本相同,9月最小。

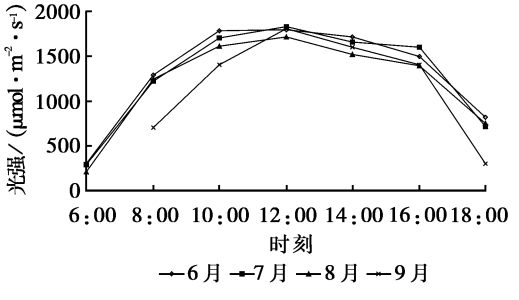

图 4　6—9月光强的日变化

3.2.2　空气温、湿度日变化　从图 5可以看出,除 9月最高气温出现在 12:00时外,其它各月空气温度从早上逐步升高,在 14:00时达最大,然后下降,4个月的气温从大到小依次为 7、8、6、9月;空气湿度的日变化与空气温度的相反,除 9月最低湿度出现在 12:00时外,其它各月随空气温度的升高空气湿度逐渐减小,在 14:00时达最小,4个月的湿度由大到小依次为 8、7、6、9月,其中,7月空气湿度的变化大于其它各月(图 6)。

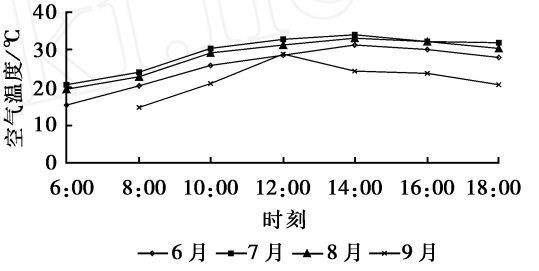

图 5　6—9月空气温度的日变化

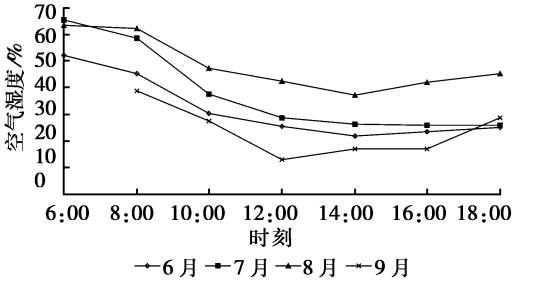

图 6　6—9月空气湿度的日变化

3.3　环境因子对光合速率和蒸腾速率的影响

从图 1～3可以看出,光合速率、蒸腾速率的日变化不同于土壤含水量的变化,7月土壤含水量最低,但光合速率和蒸腾速率在 6—9月居中,6、8月的土壤含水量变化基本一致,但光合速率和蒸腾速率差别较大,说明这 4个月的土壤含水量对光合速率、蒸腾速率的影响不大,从而可以认为 100 cm深的土壤平均含水量在 15.7%～23.7%时对光合速率、蒸腾速率的影响较小。只有当土壤含水量低于某一值时,土壤含水量才对光合速率产生较大的影响,这有待进一步研究。从图 4可知,6—9月 8:00—16:00时光强大于紫穗槐的光饱和点(图 4),因而,此时光强的变化对其光合速率的影响不大。

从图 1、2、5、6看出:6—8月光合速率和蒸腾速率并不随气温的升高、湿度的降低一直上升,而 9月的这种趋势明显,这是因为光合、蒸腾作用存在适宜

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的空气温、湿度范围,高温、低湿将抑制光合速率和蒸腾速率,在 9月,因季节的变化,空气温、湿度的抑制作用减弱。在其它条件适宜的情况下,温度适宜时其光合速率较大,由 9月份的光合速率与温、湿度的变化可知,适宜的空气温度在 20 ℃以上,由其它月份温度的变化影响也证明了这一点。在 6、7月的 6:00和 8:00时,空气温度和湿度的变化趋于一致,光合速率的变化也趋于一致,而 10:00时 7月的空气湿度下降大于 6月,使得 7月光合速率下降大于 6月,从而可知空气湿度对光合、蒸腾速率的影响大于空气温度,这一点也可从图 2、5、6看出,8月份的温度居中,但光合速率、蒸腾速率最大。适宜的温度是光合的重要因子,但在适宜的温度下,湿度的影响将起主导作用,这说明紫穗槐是一种喜湿的植物种。

3.4 水分利用效率变化

水分利用效率 (WUE)是光合速率与蒸腾速率的比值,它表示植物对环境资源的利用水平。从图 7看出,除 6月份外,紫穗槐的水分利用效率日变化呈双峰型,峰值出现在 8:00和 18:00时。8:00时是一天中水分利用效率最大的时段,这表明紫穗槐一天中 8:00时前和 16:00时后对水分的利用水平高。由于 8:00时光强已达到光饱和点,空气温度和湿度适宜,此时紫穗槐光合速率高、蒸腾速率低,提高了其水分利用效率,而后随着空气温度的升高和空气湿度的降低,水分利用效率降低,空气温度和湿度的定量影响有待进一步的研究。

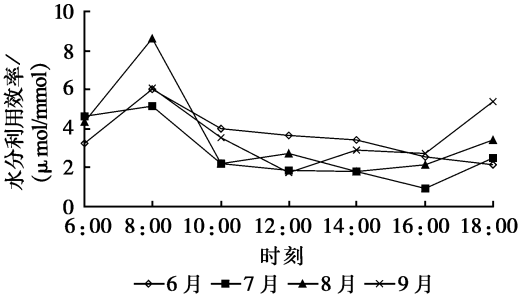

图 7 紫穗槐 6—9月水分利用效率日变化

从图 7还看出,紫穗槐水分利用效率一天中波动较大,季节的变化也不稳定,说明其受环境因子的影响较大。测定的 4 d中,紫穗槐最大日平均水分利用效率为 3.71 μmol·mmol^{-1},比李雪华[15]所测的高,这可能与不在同一地区测定有关,也进一步表明环境因子对紫穗槐水分利用效率的影响较大。经同步测定:油蒿和羊柴的日平均最大水分利用效率分别为 3.05、2.87 μmol·mmol^{-1},与此相比,紫穗槐水分利用效率较高,这对植物的生长是非常有利的。作为引进灌木,紫穗槐生长在沙丘底部,其水分利用效率高于部分当地乡土树种,表明其适宜在沙丘底部栽植。

4 结论

(1)在 6、7月紫穗槐光合速率和蒸腾速率的日变化均呈双峰型,8、9月均呈单峰型。8月的光合速率和蒸腾速率最大。

(2)在土壤含水量和光强适宜的情况下,空气湿度对紫穗槐光合、蒸腾速率的影响大于空气温度的,紫穗槐光合作用适宜的空气温度在 20 ℃以上。

(3)一天中 8:00时前和 16:00时后紫穗槐的水分利用效率高,水分利用效率呈现波动,表明其受环境因子的影响较大;紫穗槐具有较高的水分利用效率,适宜在沙丘底部栽植。

参考文献:

[1] 李思文,李日磊. 几种苗木生长规律的研究 [J]. 河北林果研究, 1998, 13(4): 315～318
[2] 李卫,杨军,郭光沁,等. 紫穗槐的离体快速繁殖 [J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 270～277
[3] 麻保林,漆建忠. 几种灌木固沙林的效益研究 [J]. 水土保持通报, 1994, 14(7): 22～28
[4] 赵忠,薛德自,刘西平. 几种混交树种根、叶对油松生长的影响 [J]. 西北林学院学报, 1995, 10(增): 62～66
[5] 吴志远. 地埂柠条和紫穗槐的水保作用与生态及经济效益分析 [J]. 水土保持研究, 1999, 6(增): 35～36
[6] 康清海,严国民,金绥庆. 黄土高原片沙区建筑梯田生物护埂固沙试验研究 [J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 135～136
[7] 曹艳萍,卢翠英,白根举. 紫穗槐叶中杀虫化学成分的分离和结构鉴定 [J]. 化学研究与应用, 2004, 16(5): 719～720
[8] 王均明,郭向阳. 林木抗旱性与其根次生构造关系的研究 [J]. 中国水土保持, 1999(6): 20～22
[9] 袁玉欣,王颖,裴保华,等. 低温诱导对紫穗槐、刺槐抗寒性的影响 [J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 65～73
[10] 王晗生. 黄土高原主要薪炭林树种营养成分分析 [J]. 西北植物学报, 1996, 16(3): 293～300
[11] 裴保华,周宝顺. 三种灌木耐旱性研究 [J]. 林业科学研究, 1993, 6(6): 597～602
[12] 宋娟丽,姚军,吴发启. 黄土高原 21种造林树种的苗木根系活力与土壤含水量关系的研究 [J]. 西北植物学报, 2003, 23(10): 1688～1694
[13] 李文华,刘广权,马松涛,等. 干旱胁迫对苗木蒸腾耗水和生长的影响 [J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(1): 61～65
[14] 王得祥,康博文,刘建军,等. 主要城市绿化树种苗木耗水特性研究 [J]. 西北林学院学报, 2004, 19(4): 20～23
[15] 李雪华,蒋德明,阿拉木萨,等. 科尔沁沙地 4种植物抗旱性的比较研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1385～1388
[16] 梁春,林植芳,孔国辉. 不同光强下生长的亚热带树苗的光合-光响应特性的比较 [J]. 应用生态学报, 1997, 8(1): 7～11

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net