

不同杨树品种光合生理生态特性的研究

苏东凯^{1,2}, 周永斌^{1*}, 唐庆华², 曹立科², 周大鹏², 张洪伟², 金福宇²

(1. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 辽宁省高速公路管理局阜新管理处, 辽宁 阜新 123000)

摘要:采用 Li-6400 便携式光合分析仪测定了 3 个杨树品种(小青杨、107、W13)的光合生理生态特征和光合日进程。结果表明,在不同时间,3 种杨树品种的净光合速率、蒸腾速率各异;净光合速率、蒸腾速率与环境因子及内部因子之间有密切关系,其中光合有效辐射是影响净光合速率、蒸腾速率的主导因子,而胞间 CO₂ 浓度和气孔导度起到了重要的调节作用;3 种杨树的水分利用率表明,小青杨比 107、W13 高。

关键词:杨树;光合作用;生理生态

中图分类号:S718.43

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2006)02-0039-03

Ecophysiological Characteristic of Photosynthesis in Different Poplar Trees

SU Dong-kai^{1,2}, ZHOU Yong-bin^{1*}, TANG Qing-hua², CAO Li-ke, ZHOU Da-peng²,

ZHANG Hong-wei², JING Fu-yu²

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. Fuxin Branch of Liaoning Expressway Management Bureau Fuxin, Fuxin, Liaoning 123000, China)

Abstract: Ecophysiological characteristics and diurnal photosynthetic courses of 3 kinds of poplar tree species (*Populus pseudo-simonii*, *Populus × euramericana* cL., W13) were measured by Li-6400. The results showed the net photosynthetic rate and transpiration rate for different species were different at different time and closely related to environmental conditions and plant internal factors. Photosynthesis active radiation was the dominant factor, and stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration also played important roles in plant photosynthesis and transpiration. Water use efficiency of *P. pseudo-simonii* was also higher compared with the other two species.

Key word: poplar; photosynthesis; ecophysiology

杨树是北方平原与沙区营造防护林和用材林的主要树种,品种繁多,栽培面积大。辽宁省杨树总面积达 44 万 hm², 占全省林地面积的 11%。随着造纸、胶合板等木材加工业的发展,杨树作为优良的原料,需求量越来越大,这必将极大地促进杨树的发展。但是以往的乡土树种杨在材质和产量方面存在着不足,严重阻碍了杨树向速生优质的方向发展,出现了一些所谓的“低产林”。本文以乡土树种小青杨为对照,选用在辽西北地区推广面积较大的 107、W13 杨树品种,进行光合生理生态特征的研究,以初步诊断不同杨树品种光合生产能力的差异

及限制因素。

1 材料与方法

1.1 实验地概况

实验地位于沈阳市东陵区,沈阳农业大学植物园。年平均气温 7.4℃,年降水量 730 mm,年蒸发量 1 300 mm,年日照数 2 570 h,无霜期 155 d,年平均风速 2.7 m/s,平均相对湿度 66%,土壤类型为棕壤。

1.2 方法

选取 3 个杨树品种小青杨、107、W13。插穗源于

收稿日期:2005-08-15 修回日期:2005-09-16

基金项目:辽宁省博士启动项目(2001102058)

作者简介:苏东凯(1978-),男,辽宁阜新人,硕士,研究方向:树木生理生态。

* 通讯作者:周永斌

沈阳农业大学园林苗圃。2003 年 10 月剪条,窖藏储存,2004 年 5 月扦插,2005 年 7 月 15 日开始测定。

日进程曲线的测定:7:00~18:00,利用美国 Li-6400 便携式光合分析系统,选取植株上部第 4 片全展叶活体测定净光合速率(P_n)和蒸腾速率(T_r)2 个指标,间隔 15 d 重复 1 次,共测 3 次求其均值。

光曲线的测定:在同一时间段内,利用纱布的不同厚度遮挡 Li-6400 便携式光合分析系统的感光器来人为控制光强,测定活体叶片净光合速率(P_n),蒸腾速率(T_r),气孔导度(C_s),胞间 CO_2 浓度(C_i)。用净光合速率(P_n)蒸腾速率(T_r)之比计算水分利用效率(WUE)^[1]。

2 结果与分析

2.1 净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)的日变化

图 1 显示了小青杨、107、W13 光合速率日变化情况。从 7:00~8:30 小青杨表现了较高的净光合速率;8:30~9:30 净光合速率下降幅度很大,9:30~12:30 净光合速率又有上升趋势;1:30~16:00 净光合速率上下波动不大,随后至 18:00 净光合速率降到最低值。整日来看,小青杨净光合速率最大值出现

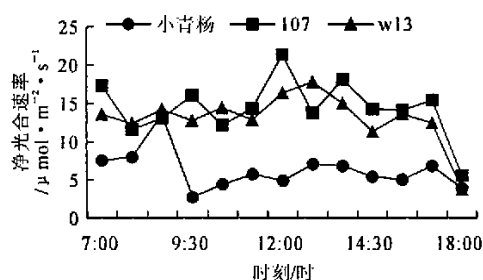


图 1 净光合速率日进程

Fig. 1 Diurnal course of net photosynthetic rate for 3 tree species

在水分充足、温度适宜、晴朗无云的环境条件下,光合速率日变化呈单峰曲线^[3],但是,由于不同植物长期生活在不同的环境下,产生了相应的适应性形态、生理特征,这一点通过 3 种杨树的净光合速率、蒸腾速率日进程曲线均表现出这种特征。小青杨的净光合速率、蒸腾速率日进程 2 条曲线波动趋势大致相近,在中午表现为低光合、低蒸腾;W13 的净光合速率、蒸腾速率日进程 2 条曲线波动趋势也大致相近,但是在中午表现为高光合、高蒸腾;与小青

万方数据

在 8:30,最小值出现在 9:30。与小青杨相比,107 与 W13 净光合速率较高,但 107 杨光合速率最大值出现在 12:00,W13 的最大值出现在 13:00。3 个杨树品种是在同一自然环境条件下进行光合、蒸腾的,但是小青杨净光合速率、蒸腾速率整体水平仅为 107 的 50%、为 W13 的 25%。可见,3 个杨树品种的净光合、蒸腾差异显著的原因在于植物本身对环境条件的反应不同^[2]。

图 2 反应了小青杨、107、W13 蒸腾速率日变化情况。3 个杨树品种中小青杨表现出了低的蒸腾速率,蒸腾速率最大值出现在 8:30,而此时正是小青杨光合速率最旺盛的时候;蒸腾速率最小值同样出现在光合速率最低的 18:00。可见,小青杨的生理活动在 8:30 旺盛,而在 18:00 已经很弱了。与小青杨相比,107 的蒸腾速率日进程曲线有明显的波动。在 7:00~8:30,107 的蒸腾速率较低,随后蒸腾速率显著上升,至 12:00 出现最大值,12:00~14:00 蒸腾速率缓慢下降,18:00 出现最小值。W13 的蒸腾速率介于 107 和小青杨之间,最大值出现在中午,最小值出现在 18:00,曲线整日波动不大。

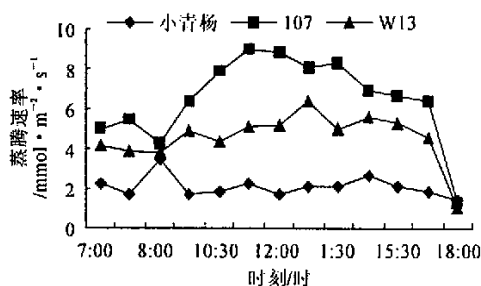


图 2 蒸腾速率日进程

Fig. 2 Diurnal course of transpiration rate for 3 tree species

杨、W13 相比,107 蒸腾速率日进程曲线与净光合速率日进程曲线变化趋势不同步。

2.2 水分利用率(WUE)的比较

表 1 显示,随着光合有效辐射的增加,小青杨、107、W13 的水分利用率明显升高,其中,小青杨的水分利用率整体水平要高于 107 和 W13。尽管小青杨的净光合速率明显低于 107 和 W13,但它能够很好地利用有限的水分,在干旱条件下能更好地适应环境;107、W13 则不利于在干旱的条件下成活。

表 1 不同光合有效辐射下水分利用效率的比较

Table 1 The Photosynthetically available radiation on WUE for 3 tree species

光合有效辐射 / $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	水分利用效率 / $\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$		
	小青杨	107	W13
7	0.458	0.207	0.208
23	0.838	0.234	0.572
80	1.464	0.245	1.425
162	2.482	0.798	1.555
231	3.772	1.182	1.829
285	4.124	1.364	2.522
450	6.685	1.649	2.738

表 2 不同光合有效辐射下气孔导度的比较

Table 2 The Photosynthetically available radiation on Gs for 3 tree species

光合有效辐射 / $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	胞间 CO_2 浓度 / $\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$		
	小青杨	107	W13
7	204.12	204.42	184.12
23	212.24	208.35	164.94
80	186.32	182.62	115.26
162	142.58	147.24	112.65
231	110.63	126.23	86.71
285	94.21	114.87	37.62
450	24.58	94.13	17.68

2.3 气孔导度(G_s)光曲线特点

表 2 显示了随着光合有效辐射的增加,小青杨、107、W13 的气孔导度都在减小。气孔导度与气孔阻力(R_s)是互为倒数的关系^[4],所以,测定了气孔导度的同时,也就测定了气孔阻力。小青杨的气孔导度降低幅度得较大,说明在光合有效辐射增大的条件下小青杨的叶片增大气孔阻力,从而导致光合作用进行缓慢,蒸腾作用也受到了较大的影响。与小青杨相比,随着光合有效辐射的增加,107 的气孔导度减小的幅度不大,即在强光合有效辐射下,叶片仍然保持着较高的气孔导度,这是与其高净光合、高蒸腾速率相对应的。W13 的气孔导度减小幅度介于小青杨和 107 之间,这也与它较高的净光合、高蒸腾速率相对应。

2.4 胞间 CO_2 浓度(C_i)光曲线特点

表 3 显示,随着光合有效辐射的增加,小青杨、107、W13 的胞间 CO_2 浓度显著下降,这与它们的气孔导度变化趋势基本同步。显然,如果考虑气态的 CO_2 在液相的胞间或胞内的扩散阻力,那么光合作用强,消耗的 CO_2 就多,胞间 CO_2 浓度得不到迅速补充,其胞内 CO_2 浓度就会下降,反之,若光合有效

辐射小,其胞间 CO_2 浓度就会增加^[6]。小青杨、107、W13 胞间 CO_2 浓度变化与净光合速率变化呈显著的负相关关系,而与气孔导度变化的同步说明了胞间 CO_2 浓度受气孔阻力的影响很大,这一点小青杨表现得最明显,也说明小青杨、107、W13 中小青杨叶片的气孔对强光能迅速做出反应,以降低蒸腾、保持体内水分,而 107、W13 在强光下仍然进行高光合、高蒸腾以保证较高生长速度。

表 3 不同光合有效辐射下胞间 CO_2 浓度的比较

Table 3 The Photosynthetically available radiation on C_i for 3 tree species

光合有效辐射 / $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	气孔导度 / $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$		
	小青杨	107	W13
7	0.152	0.215	0.113
23	0.113	0.193	0.103
80	0.091	0.184	0.098
162	0.087	0.176	0.091
231	0.083	0.172	0.085
285	0.076	0.166	0.082
450	0.068	0.161	0.075

3 结论

3 个杨树品种中小青杨的净光合、蒸腾速率水平较低。

小青杨、107、W13 净光合、蒸腾速率日进程曲线差异很大,原因在于植物本身对环境条件的反应不同。

随着光合有效辐射的增加,小青杨的整体水分利用效率水平要高于 107 和 W13。

随着光合有效辐射的增加,小青杨、107、W13 的胞间 CO_2 浓度显著下降,这与它们的气孔导度变化趋势基本同步。小青杨叶片的气孔对强光能迅速作出反应,以降低蒸腾、保持体内水分,而 107 和 W13 在强光下仍然进行高光合、高蒸腾以保证较高的生长速度。

参考文献:

[1] Bierhuizen J F, Slatyer R O. Effect of atmospheric concentration of water vapor and CO_2 in determining transpiration of cotton leaves[J]. A c. Meteorol., 1965, (2): 256-270.

[2] 周海燕, 黄子琛. 不同时期毛乌素沙区主要物种光合作用和蒸腾作用的变化[J]. 植物生态学报, 1996, 20(2): 120-131.

[3] 张宪政. 植物生理学[M]. 长春: 吉林科学技术出版社. 1996.

[4] 张树源. 矮蒿草甸植物净光合速率变化的研究[J]. 高原生物学集刊, 1988, 8(2): 133-139.

[5] 张树源, 武海, 陆国泉. 青海高原植物生理生态学研究[J]. 西北植物学报, 1993, 13(4): 302-307.