

文章编号: 1001-1498(2008)04-0534-08

4个桉木品系净光合速率动态特征及其差异性研究

陈明皋^{1,2}, 陈建华¹, 徐清乾^{2,3}, 周小玲^{2,3}, 王旭军^{2,3}

(1. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004; 2. 湖南省林木无性系育种技术实验室, 湖南 长沙 410004;
3. 湖南省林业科学院, 湖南 长沙 410004)

摘要:对 J5、J10、H1、H12 等 4 个桉木品系苗木光合动态特征及差异性研究结果表明: (1) 4 个桉木品系上、下部叶的 P_n 日变化呈现出单峰型和双峰型两种曲线类型; 在同一时间 P_n 日变化曲线上的同一时刻, H12、J10 品系的 P_n 均高于 H1、J5 品系; (2) 在整个生长季节, 4 个桉木品系苗木的上部叶片 P_n 的日变化最大值、月均值均明显高于相对应品系下部叶 P_n 的日变化最大值和月均值; H12、J10 品系上、下部叶的 P_n 日变化的最大值和月均值分别高于 H1、J5 的相对应的光合特征值; 在栽培时选取 H12 和 J10 具有明显的生长优势; (3) 方差分析表明: 不同品系、不同树冠部位、不同月份净光合速率 (P_n) 均达到极显著差异水平, J10 和 H12 的 P_n 明显高于 J5、H1 的 P_n ; 上部叶的 P_n 显著高于下部叶的; 一年中以 6 月份的 P_n 为最高, 10 月份最小; 净光合速率以上部叶的贡献占主要地位。

关键词: 四川桉木品系; 光合特征; 差异性

中图分类号: Q945.11 **文献标识码:** A

Study on the Dynamic Characteristics and Difference of Net Photosynthetic Rate of 4 *Alnus cremastogyne* Varieties

CHEN Ming-gao^{1,2}, CHEN Jian-hua¹, XU Qing-qian^{2,3}, ZHOU Xiao-ling^{2,3}, WANG Xu-jun^{2,3}

(1. Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, Hu'nan, China; 2. The Trees Clone Breeding Key Laboratory of Hu'nan Province, Changsha 410004, Hu'nan, China; 3. Hu'nan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hu'nan, China)

Abstract: The dynamic characteristics of net photosynthetic rate (P_n) and their difference among four varieties of *Alnus cremastogyne*, namely, J5, J10, H1, H12, were conducted. The results were as follows: (1) The diurnal variation of P_n of these four varieties was generally classified as single-peak curve or double-peak one; and P_n of H12 and J10 was higher than that of H1 and J5 at the same time. (2) During the whole growing season, the monthly maximum value and average value of P_n of the diurnal variation of the upper crown were higher than that of the lower one. Despite of the leaf position, the two photosynthetic eigenvalue described above of H12 and J10 were obviously higher than that of H1 and J5, respectively. H12 and J10 had extremely growth significant, so they should be selected when cultivation; (3) Analysis of variance showed that P_n among different varieties, different position and different months reached highly significant difference. The P_n of J10 and H12 were remarkably higher than that of J5 and H1, and the upper crown was higher than lower crown too; and the maximum value monthly of P_n showed in June, while the minimum in October; and as far as the contribution ratio of P_n was concerned, the upper crown was in the highest flight.

Key words: *Alnus cremastogyne* varieties; photosynthetic characteristics; difference

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 国家林业局 2005 长江—2, 国家“十一五”重点工程科技支撑“植被恢复与特色资源高效培育及利用技术试验示范 (2006BAD03A16-02) 湖南点研究内容

作者简介: 陈明皋 (1967—), 男, 湖南常德人, 在读博士研究生, 副研究员, 主要从事森林培育研究. E-mail: cmg8@sina.com.cn

树木光合作用的强弱是其生长快慢的主要影响因素,也是树木的重要生理生态学特性之一,决定着树木年碳平衡与植物生物产量^[1-2]。在自然条件下,树木的光合作用受多种因素的影响,由于不同树种的光合速率及其时间变化格局不同,同一树种的光合速率也会随其生长发育时段而变化。

桫木 (*Alnus cremastogyne* Burkill) 是中国桫木属 (*Alnus* Mill.) 11 个种中最重要的一个特有种。由于它具有生长迅速、适应性强、易于繁殖、改良土壤、蓄水保土等特点,成为长江流域平原水网地区防护林、丘陵山区水土保持林和短周期工业用材林基地建设中的重要造林树种^[3]。现有栽培面积达 267 万 hm^2 ^[4]。湖南省栽培面积已达 9.3 万 hm^2 ^[5] 以上,根据现在形势,造林的空间还很大。

近 20 年来,国内关于桫木的育苗与良种选育、造林技术、生物固氮、生物量及营养元素积累、分布和种源/家系选择等方面研究已广泛深入^[6-9],然而有关桫木光合生理特性的研究,仅有朱万泽、卓仁英、徐四凤、周小玲等对桫木、台湾桫木苗期的光合特性进行了研究^[10-16],周小玲等对 4 个桫木品系的蒸腾特性^[17]和光合日变化^[18]有过研究,但有关桫木不同品系幼苗的光合动态特征及其差异性研究尚属空白。本文系统研究在湖南特定的立地与气候条件下,桫木不同品系的光合动态特征的差异,进一步探讨桫木不同品系在湖南地区的适应性,为桫木的栽培和经营措施的制定提供科学理论依据。

1 试验地概况

试验地设在湖南长沙湖南省林业科学院内,属亚热带湿润型气候,年均气温 16.8℃,极端最高温 40℃,最低温 -10℃,年降水量 1600 mm,雨量主要集中在春、夏季,年均相对湿度 80%,全年日照时数 1560 h,无霜期 274 d。试验地土壤为黄棕壤,苗木栽植密度 0.5 m × 0.5 m。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

4 个桫木品系是湖南省林业科学院院内实验地的 2 年生桫木苗,种源来自四川金堂,参试品系分别为 H1、H12、J5 和 J10。J5、J10 两个品系是湖南省林业科学院许忠坤、徐清乾等人从湖南省攸县桫木林分中选择的一般优树上采种育的优良品系实生苗,H1 和 H12 是他们从湖南攸县选择的耐旱优树上采

穗条扦插繁育的桫木耐旱无性系苗。

2.2 试验方法

自然状态下光合生理生态特性的测定采用美国 Li-cor 公司生产的 Li-6400 便携式光合仪光合测定系统,在 2005 年苗木生长的 4、6、7、8、9、10 和 11 月的每月上旬晴朗天气,选取苗木主枝上部完全展开的当年生的第 4~6 片叶(上部叶),侧枝上部完全展开的当年生的第 4~6 片叶(下部叶),进行光合测定,测定时每个品系固定 2 株植株,每一个部位分别固定 3 个叶片;测定时间为 7:00、9:00、11:00、12:00、13:00、14:00、16:00 和 18:00 时。测定时叶片温度为 (25 ± 1)℃,气体流速 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$,空气相对湿度 (80 ± 1)%。采用透明叶室,利用自然光照,当测量结果变异率小于 0.05 进行计数,5 次重复。主要测定指标有:净光合速率 (P_n)、气孔导度 ($Cond$)、胞间 CO_2 浓度 (C_i)、叶面水气压亏缺 (V_{p-d}) 和光合有效辐射 (PAR_i) 等等。

2.3 数据处理

采用 3 因素有重复固定模型,进行方差分析和多重比较。3 个因素为 A 树冠部位(分上、下 2 个部位)、B 月份(2005 年 4、6、7、8、9、10、11 等 7 个月份)、C 品系(H1、H12、J5 和 J10),重复 8 次。

数据统计分析采用 Excel、DPS 和光合分析软件处理分析。

3 结果与分析

3.1 不同部位叶片净光合速率 (P_n) 日变化的比较

3.1.1 上部叶净光合速率日变化 H1、H12、J5、J10 等 4 个桫木品系净光合速率 (P_n) 的日变化具有单峰、双峰两种曲线类型^[17]。在 4 月其净光合速率 (P_n) 日变化呈单峰曲线^[15],6、7 月等其余时间有单峰、双峰曲线两种,有光合“午休”现象^[15-18]。

同一桫木品系上部叶的 P_n 日变化在不同的生长季节呈现出两种不同曲线类型(图 1)。J10 品系在 4 月份表现为单峰曲线型,在 8 月份则表现为双峰曲线型;同一品系在不同生长季节的 P_n 日变化曲线即使是同一种类型,但峰值出现的时间不同, P_n 的值也不同。如 J5 在 4 月、8 月的净光合速率峰值分别于中午 12:00、13:00 出现,表明作为植物重要生理特性的光合作用不仅受到植物自身因素的影响,也受到环境因子综合作用,是一个极其复杂的过程。4 月份,4 个品系的 P_n 峰值均在中午 12 时出现,从高到低排列顺序为:J10 (13.63) > H12 (12.46) > J5 (12.32) > H1 (10.94)。

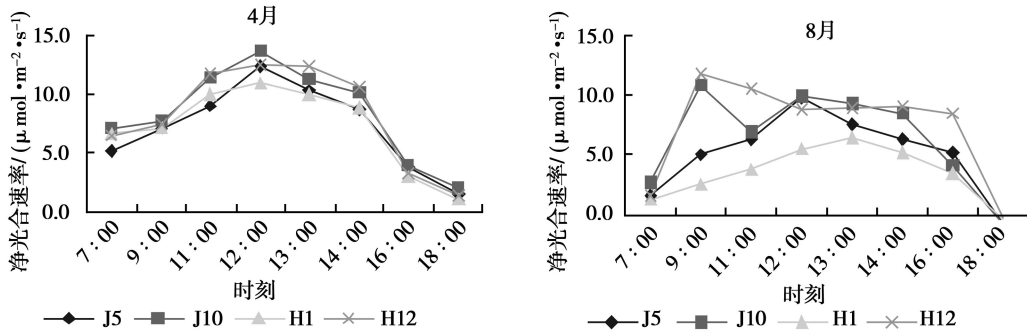


图 1 4个栎木品系上部叶净光合速率日变化曲线

3.1.2 下部叶净光合速率日变化 下部叶的净光合速率 (P_n)日变化如图 2所示(以 4、8月份为例), P_n 的日变化规律与其上部叶的基本相似,呈单峰曲

线和双峰曲线两种类型。4月份主要是单峰曲线,中午 12 时出现峰值;8月份, P_n 日变化有单峰与双峰两种类型。J10、H12的 P_n 峰值均高于 H1 与 J5 品系。

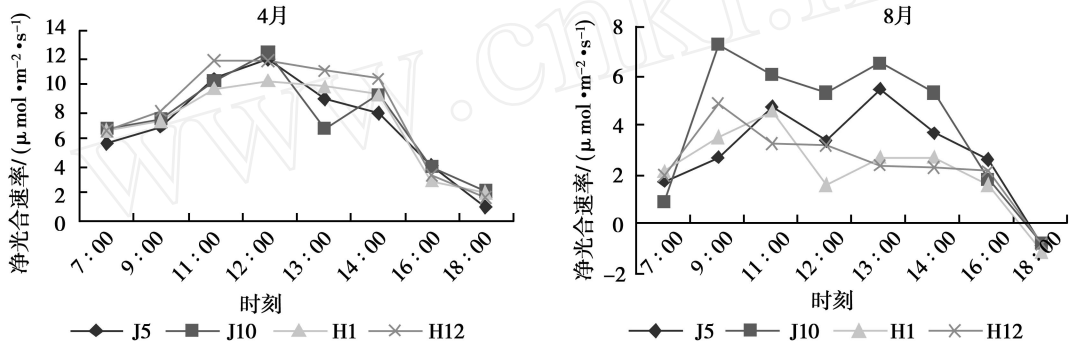


图 2 4个栎木品系下部叶净光合速率日变化曲线

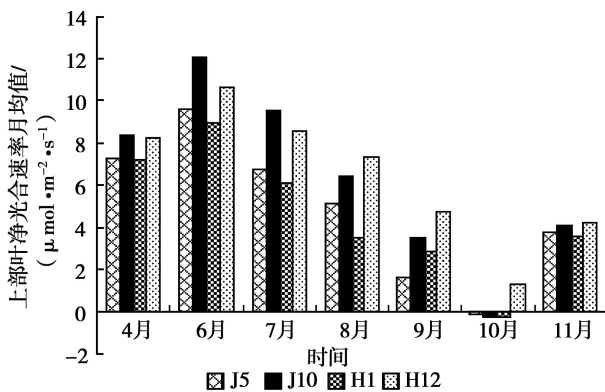


图 3 4个品系上部叶净光合速率月均值比较

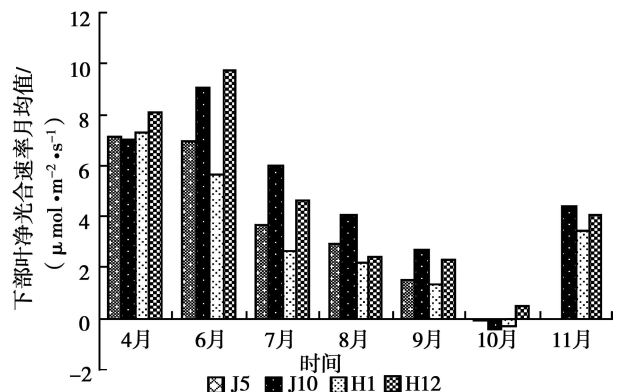


图 4 4个品系下部叶净光合速率月均值比较

3.2 不同部位叶片净光合速率 (P_n)的季节变化

把上、下部叶不同品系 P_n 的月均值进行比较如图 3、图 4。不难看出,4个品系同一月份的净光合速率 (P_n)均值有差异,H12、J10的分别大于 H1 和 J5 的;同一品系在 4、6—11月等 7个月 P_n 的月均值有差别,上部叶的 P_n 月均值以 6月份的最高,下部叶 J10、H12的 P_n 月均值以 6月份高,J5、H1以 4月份最

高;上、下部叶均以 10月份的最小。上部叶 H12、J10 等 2个品系 7月份的 P_n 月均值大于 4月份,H1和 J5 等 2个品系 7月份的 P_n 月均值略小于 4月份的。也就是说,6月份气候最适宜栎木生长,4个品系在 6月份光合作用最强,净光合速率较高;7、8月份高温等环境因子对栎木光合作用的制约较呼吸作用的大,表现为净光合速率月均值较 6月份、4月份 (H1 与 J5)低,

而 H12、J10 较 H1、J5 耐高温的能力强, 上部叶 7 月份光合作用强些, P_n 月均值较 4 月份高。

3.3 上、下部叶净光合速率 (P_n) 日变化、季节变化的比较

为了比较 4 个桉木品系不同部位净光合速率差异, 将整个生长季节的 4 个桉木品系苗木的上、下部叶片净光合速率 (P_n) 的日变化最大值、月均值列表 1, 表现为: 上部叶的 P_n 的日变化最大值、月均值都明显高于相对应品系下部叶 P_n 的日变化最大值、月均值, 这种差异在 6、7 月份表现最为明显, 生长初期 4 月和末期的 11 月差异较小。有研究^[19]表明, 不同部位的叶片所接受的太阳辐射程度不同, 上部叶片占据着主要的太

阳辐射, 下部叶片由于缺乏足够的太阳辐射, 光斑成了其光合碳同化的主要辐射来源, 因此处于不同部位的叶片净光合速率 (P_n) 有所差异。从表 4 还可以看出, 不同品系间, 上部叶与下部叶 P_n 的月均值差别比较明显的是 H1、H12、J5 品系, 而 J10 品系上、下部叶 P_n 的月均值差异不显著; H1 在 4 月、J5 在 10 月、J10 在 11 月的上部叶的净光合速率月均值, J5 在 10 月、J10 在 11 月的上部叶的净光合速率最大值分别较下部叶的略小。这说明, 4 个桉木品系苗木的 P_n 对光照强度要求是不同的, 反过来说, 光照对桉木不同品系 P_n 的影响不同。

表 1 4 个品系上、下部叶净光合速率 (P_n) 日变化最大值

时间 (月份)	H1		H12		J5		J10	
	下部叶	上部叶	下部叶	上部叶	下部叶	上部叶	下部叶	上部叶
4	10.366	10.94	11.781	12.463	11.995	12.325	12.440	13.627
6	9.756	12.20	16.564	18.564	11.114	15.635	14.504	18.432
7	3.795	8.68	7.805	13.835	6.771	9.775	9.847	13.953
8	4.555	6.433	4.907	11.733	5.453	9.625	7.265	10.747
9	3.537	6.272	4.897	8.532	3.652	3.359	6.890	8.643
10	0.649	0.781	2.512	4.378	1.743	1.347	0.292	0.827
11	7.535	10.477	9.489	10.590		10.075	10.101	8.565

$\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

表 2 4 个品系上、下部叶净光合速率 (P_n) 月均值比较

时间 (月份)	H1		H12		J5		J10	
	下部叶	上部叶	下部叶	上部叶	下部叶	上部叶	下部叶	上部叶
4	7.264	7.16	8.107	8.21	7.156	8.38	7.025	7.23
6	5.671	8.90	9.702	10.55	6.919	12.03	9.075	9.57
7	2.641	6.06	4.676	8.51	3.653	9.54	6.002	6.70
8	2.212	3.43	2.428	7.33	2.929	6.38	4.060	5.07
9	1.389	2.85	2.312	4.67	1.477	1.57	2.739	3.47
10	-0.282	-0.26	0.518	1.30	-0.101	-0.14	-0.460	-0.28
11	3.429	3.58	4.070	4.24		3.73	4.414	4.02

$\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

3.4 桉木不同品系间净光合速率 (P_n) 的差异性分析

为了进一步分析比较 H1、H12、J5、J10 桉木品系之间的光合特性及其差异性, 分别将不同品系、不同树冠部位、不同月份净光合速率 (P_n), 上、下部叶不同品系、不同月份净光合速率 (P_n) 进行 3 因素和双因素方差分析。

3.4.1 桉木品系之间、树冠不同部位、不同月份净

光合速率 (P_n) 3 个因素方差分析 以品系 C (H1、H12、J5、J10)、树冠部位 A (上、下部叶)、月份 B (4—11 月份) 3 个因素 8 次重复进行方差分析, 结果 (见表 3) 表明, A、B、C 3 个因素内部处理之间存在极显著的差异性, P 值都达到 0.000 1 水平; 交互作用 A \times B、A \times C、B \times C、A \times B \times C 均没有达到 5% 的显著差异水平 ($P > 0.0506$)。

表 3 净光合速率 (P_n) 3 个因素方差分析 (固定模型)

变异来源	平方和	df	均方	F 值	P 值
树冠部位间 A	313.644	1	313.644	29.6195	0.0001
月份间 B	3560.263	6	593.377	56.0366	0.0001
品系间 C	291.057	3	97.019	9.1621	0.0001
树冠部位 A \times 月份 B	134.430	6	22.405	2.1159	0.0506
树冠部位 A \times 品系 C	4.578	3	1.526	0.1441	0.9334
月份 B \times 品系 C	121.949	18	6.775	0.6398	0.8681
A \times B \times C	103.847	18	5.769	0.5448	0.9357
(误差)	4150.927	392	10.589		
(总和)	8680.695	447			

表 4 净光合速率 (P_n) 3 个因素内各处理差异性比较

处理	平均值 / ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	标准差	变异系数	5%显著水平	1%极显著水平
树冠上部 A1	5.559 2	4.699 4	0.845 3	a	A
树冠下部 A2	3.885 8	3.928 9	1.011 1	b	B
6月份 B2	9.052 8	4.664 8	0.515 3	a	A
4月份 B1	7.568 3	3.522 8	0.465 5	ab	AB
7月份 B3	5.973 6	3.385 0	0.566 7	b	BC
8月份 B4	4.254 1	3.249 9	0.763 9	c	CD
11月份 B7	3.486 1	4.074 8	1.168 9	c	D
9月份 B5	2.559 7	2.474 7	0.966 8	c	D
10月份 B6	0.163 1	1.535 9	9.416 9	d	E
J10品系 C4	5.580 0	4.782 4	0.857 1	a	A
H12品系 C2	5.473 2	4.678 9	0.854 9	a	A
J5品系 C3	3.976 8	4.115 8	1.035 0	b	B
H1品系 C1	3.860 1	3.725 4	0.965 1	b	B

根据方差分析结果,对 3 个因素内部各处理进一步作最小显著性差异 (LSD) 多重比较,结果如表 4 所示。从表 3、4 可以看出,上部叶与下部叶的 P_n 达到极显著差异水平 ($P=0.0001$),上部叶的平均 P_n 显著高于下部叶的平均 P_n 。不同月份间 P_n 也达到极显著差异水平 ($P=0.0001$),各月份叶片的平均 P_n 从高到低的排序为:6 月份 > 4 月份 > 7 月份 > 8 月份 > 11 月份 > 9 月份 > 10 月份。11 月份的净光合速率 (P_n) 明显高于 9、10 月;各品系之间 P_n 也达到极显著的差异水平 ($P=0.0001$),各品系的平均 P_n 从高到低的排序为:J10 > H12 > J5 > H1, J10 和 H12 品系的平均 P_n 显著高于 J5 和 H1 品系的平均 P_n 。以 5% 显著水平划分等级,月份间的排位是,6

月份为第一级,4、7 月份为第二级,8、11、9 月份为第三级,10 月份为第四级;品系间, J10、H12 品系为第一级, J5 和 H1 品系为第二级。

3.4.2 树冠上部叶、不同品系间、不同月份间净光合速率 (P_n) 2 个因素方差分析 再对树冠上部叶的不同品系、不同观测月份 P_n 作 2 个因素 8 重复方差分析,结果 (表 5) 表明,树冠上部叶各月份之间、各品系之间的净光合速率 (P_n) 存在极显著的差异, P 值分别达到 0.0000 和 0.0043;而月份 A 与品系 B 之间的交互作用 P 值为 0.9981,没有达到显著差异水平,即不存在某个品系在某一个月份会有显著高或显著低的 P_n 。

表 5 树冠上部叶不同月份、品系 2 个因素方差分析 (固定模型)

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
月份间 A	2110.987 4	6	351.831 2	26.861	0.000 0
品系间 B	177.526 5	3	59.175 5	4.518	0.004 3
月份 A × 品系 B	68.976 6	18	3.832	0.293	0.998 1
误差	2567.258 8	196	13.098 3		
总变异	4924.749 4	223			

对月份和品系 2 个因素内部各水平进一步作最小显著性差异 (LSD) 多重分析,结果如表 6 所示,树冠各个月份、各个品系间 P_n 的排序与 3 个因素方差分析的结果完全相同,即不同月份间上部叶的平均 P_n 从高到低的排序为:6 月份 > 4 月份 > 7 月份 > 8 月份 > 11 月份 > 9 月份 > 10 月份,各品系之间上部叶的平均 P_n 从高到低的排序为:J10 > H12 > J5 >

H1, J10 和 H12 品系的平均 P_n 显著高于 J5 和 H1。按 5% 显著差异水平分级,结果也与前面的 3 个因素方差分析的结果完全相同,即 6 月份为第一级,4、7 月份为第二级,8、11、9 月份为第三级,10 月份为第四级;品系间, J10、H12 品系为第一级, J5 和 H1 品系为第二级。

表 6 树冠上部叶净光合速率 (P_n) 2 个因素内各水平差异性比较

处理	均值 / ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	标准差	变异系数	5%显著水平	1%极显著水平
6月 A2	10.264 1	4.995 9	0.486 7	a	A
4月 A1	7.748 7	3.673 2	0.474 0	b	B
7月 A3	7.703 1	3.316 8	0.430 6	b	B
8月 A4	5.600 6	3.623 5	0.647 0	c	BC
11月 A7	4.019 1	4.138 4	1.029 7	cd	CD
9月 A5	3.140 0	2.905 1	0.925 2	d	D
10月 A6	0.439 1	1.617 6	3.683 9	e	E
J10品系 B4	6.484 5	5.097 2	0.786 1	a	A
H12品系 B2	6.401 6	4.905 0	0.766 2	a	A
J5品系 B3	4.820 9	4.486 9	0.930 7	b	AB
H1品系 B1	4.530 0	4.017 4	0.886 8	b	B

3.4.3 树冠下部叶不同品系、不同月份净光合速率 2 个因素方差分析 对树冠下部叶的不同品系、不同观测月份 P_n 作双因素 8 重复方差分析, 结果 (表 7) 表明, 下部叶各月份之间、各品系之间净光合速率 (P_n) 也存在极显著差异, P 值分别为 0.000 1 和 0.002 7, 而月份 (A) \times 品系 (B) 之间的交互作用没有达到显著差异水平, P 值为 0.376 2。

表 7 树冠下部不同月份、品系 2 因素方差分析 (固定模型)

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
家系间	118.15	3	39.38	4.88	0.002 7
月份间	1 583.76	6	263.96	32.68	0.000 1
家系 \times 月份	156.85	18	8.71	1.08	0.376 2
误差	1 583.38	196	8.08		
总变异	3 442.13	223			

作进一步作最小显著性差异 (LSD) 多重分析 (表 8) 表明: 下部叶各个月份、各个品系 P_n 的排序与前面 3 个因素方差分析的结果稍有差别。从不同月份间下部叶的平均 P_n 从高到低的排序来看, 11 月份排第四, 8 月份排第五, 恰好与上部叶的第四、五对调, 其他月份的排序与上部叶的排序一致。从各品系下部叶的平均 P_n 从高到低的排序来看, H1 品系排第三, J5 品系排第四, 恰好与上部叶的第三、四对调。按 5% 显著差异水平分级, 月份的分级结果也略有不同, 6、4 月份属于第一级, 4 月份的水平相对提高, 表明上部叶和下部叶的净光合速率 (P_n) 在月份间、品系间基本上是同步的, 仅表现出微小的不同步性。

表 8 树冠下部叶净光合速率 (P_n) 2 个因素内各水平差异性比较

处理	平均值 / ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	标准差	变异系数	5%显著水平	1%极显著水平
J10	4.675 5	4.302 3	0.920 2	a	A
H12	4.544 7	4.285 6	0.943 0	a	AB
H1	3.189 2	3.309 5	1.037 7	b	BC
J5	3.133 0	3.550 6	1.133 3	b	C
6月	7.841 9	4.029 4	0.513 8	a	A
4月	7.387 8	3.414 3	0.462 2	a	A
7月	4.242 8	2.471 5	0.582 5	b	B
11月	2.953 0	4.003 1	1.355 6	bc	BC
8月	2.907 2	2.142 2	0.736 9	bc	BC
9月	1.979 2	1.819 9	0.919 5	c	C
10月	-0.112 6	1.421 4	-12.623 4	d	D

4 结论与小结

4.1 H12、J10 品系的净光合速率 (P_n) 高于 H1、J5 品系

4 个桉木品系上、下部叶的 P_n 日变化呈现出单峰型和双峰型两种曲线类型。单峰型是中午光合速率最高; 双峰型为上、下午各有一个高峰^[20], 第一个

峰值出现的时间为上午 9:00—11:00, 第二个峰值出现的时间为中午 13:00—16:00, 有“光合午休”现象。在相同月份的 P_n 日变化曲线上的同一时刻, H12、J10 品系的 P_n 均高于 H1、J5 品系。

4.2 4 个桉木品系上部叶的净光合速率明显高于其下部叶 P_n

在整个生长季节, 4 个桉木品系苗木的上部叶

片 P_n 的日变化最大值、月均值均明显高于相对应品系下部叶 P_n 的日变化最大值、月均值,且在 6、7 月份表现最为明显。不同品系间,上部叶与下部叶 P_n 的月均值差异比较明显的是 H1、H12、J5 品系。说明 4 个桉木品系苗木的 P_n 对光照强度要求不同,光照对桉木不同品系 P_n 的影响也不同。

对 4 个品系在 4、6 月光响应研究发现, H12 与 J10 相对于 H1 与 J5 在净光合速率、光饱和点以及羧化效率等多个指标上都有明显优势^[15]。此研究也表明 H12、J10 品系上、下部叶的 P_n 日变化的最大值和月均值分别高于 H1、J5 的上、下部叶的 P_n 日变化的最大值和月均值,即 H12、J10 品系具有较高的光合能力,与 H12、J10 品系的外在长势明显要优于 H1、J5 两个品系表现一致,在栽培和推广时选 H12、J10 会更具有生长优势。

4.3 4 个桉木品系不同部位、不同月份、不同品系间的净光合速率有显著差异

桉木上部叶、下部叶在不同月份间、品系间的净光合速率 (P_n) 均达到极显著差异水平。就月份而言,6 月份的 P_n 为最高,此时湖南雨量充足,气温适宜,各种植物生长迅速,作为喜光并对水分要求较高的桉木而言,其净光合速率是一年中最高的;4、7 月份的略低于 6 月份的。经过一个冬天,4 月份各种植物的生理机能逐渐恢复,此时湖南气候低温、阴雨,作为落叶树种桉木净光合速率略低,7、8 月份温度、湿度均较高,但却由于过高的气温,桉木呼吸所消耗的有机物增长幅度比光合积累有机物的大,其净光合速率低于 6 月份的;8、11、9 月份为第三级,10 月份为第四级。究其原因,笔者分析认为:湖南降水主要集中在春天、夏天,秋天温度适宜,但气候干燥,水分供应不足,由于 10 月初气候异常,急骤降温,桉木为适应急变的环境,内在的生理机能进行调整,加上测定日天气晴间多云,最高光合有效辐射低于 11 月份的最高有效辐射;植物本身生理因素与环境因子综合作用,致使 10 月份的净光合速率非常低。11 月份气温仍然是适宜桉木生长的环境温度范围内,人们俗称“小阳春”季节;桉木也已从高温环境顺利过渡到初冬,植物体内部生理机能稳定,植物的净光合速率受植物本身的生理因素和环境生态因子多方面影响,11 月份的净光合速率高于 9、10 月的。把 9、10、11 月测定时的光合有效辐射进行比较,发现 9、10 和 11 月份测定日的最高光合有效辐射、日均光合有效辐射等均是 11 月份的最高,

不可否认造成 11 月份的净光合速率高于 9、10 月份的原因也有人选择测定的天气影响。详细机理有待今后进一步研究。11 月份的净光合速率高于 9、10 月份,这与桉木在休眠前还有一个生长高峰的外在表现是吻合的。品系间,以 J10、H12 品系 P_n 为第一级,即具有明显的生长优势, J5 和 H1 品系为第二级。

树冠的上部叶在不同月份间、品系间的 P_n 和下部叶在不同月份间、品系间的 P_n 均存在极显著的差异 ($P < 0.001$),树冠上部叶在不同月份、不同品系 P_n 的排序与 3 个因素方差分析的结果完全相同,而下部叶在不同月份、不同品系 P_n 的排序与 3 个因素方差分析的结果稍有差别,月份间的分级结果略有不同:6 月、4 月份 P_n 同属第一级,4 月份水平相对提高,11 月份排第四,8 月份排第五,恰好与上部叶 P_n 的月份排位第四、五对调,其它月份基本一致;品系间 P_n 排序也略有差别, H1 品系排第三, J5 品系排第四,与上部叶品系的排位第三、四对调,但分级水平未变。试验表明树体光合作用以树冠上部叶的光合作用贡献为主,与已有的研究相吻合^[10]。

参考文献:

- [1] 姜 恕. 植物生态学发展战略 [M]. 北京: 中国科技出版社, 1992: 19 - 23
- [2] Larcher W. 植物生态生理学 [M]. 翟志席, 等译. 北京: 中国农业大学出版社, 2000
- [3] 许忠坤, 徐清乾. 桉木造纸材遗传改良前景 [M] // 白嘉雨, 钟伟华. 南方林木遗传育种研究. 北京: 中国林业出版社, 2006: 159 - 161
- [4] 周永丽, 刘福云, 万 军. 四川桉木木材材性初步研究 [J]. 四川林业科技, 2003, 24 (1): 75 - 78
- [5] 陈 静, 苏建勤, 陈炳星, 等. 四川桉木 KP 法制浆工艺及其应用研究 [J]. 中国造纸, 2002 (1): 4 - 7
- [6] 王军辉, 顾万春, 夏良放, 等. 桉木种源 (群体) 家系材性性状的遗传变异 [J]. 林业科学研究, 2001, 14 (4): 362 - 368
- [7] 徐清乾, 许忠坤, 蒋玉璋. 四川桉木引种湖南生长状况及适应性研究 [J]. 湖南林业科技, 2006, 33 (6): 20 - 22
- [8] 吴际友, 童方平, 龙应忠, 等. 四川桉木秋季嫩枝扦插效应分析 [J]. 湖南林业科技, 2004, 31 (5): 4 - 6
- [9] 吴际友, 龙应忠, 童方平. 桉木优树选择 [J]. 湖南林业科技, 2004, 31 (6): 10 - 12
- [10] 徐世凤, 吴立勋. 江南桉木的光合特性研究 [J]. 湖南林业科技, 1994, 21 (4): 10 - 14
- [11] 朱万泽, 王金锡, 薛建辉, 等. 四川桉木的光合生理特性研究 [J]. 西南林学院学报, 2004, 21 (4): 196 - 204
- [12] 卓仁英, 陈益泰. 五种桉木属植物的光合特性初步研究 [J]. 浙江林业科技, 2004, 24 (6): 1 - 4

- [13] 周小玲, 田大伦, 许忠坤, 等. 中亚热带四川桉木、台湾桉木幼林的光合生态特性研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2007 (1): 40 - 50
- [14] 周小玲, 许忠坤, 徐清乾, 等. 北美红桉木引种的主要光合特性研究 [J]. 湖南林业科技, 2006, 33 (6): 13 ~ 16
- [15] 周小玲, 徐清乾, 许忠坤, 等. 4 个桉木品系的光合生理特性研究 [J]. 湖南林业科技, 2007, 34 (4): 1 - 5
- [16] 周小玲, 田大伦, 张旭东, 等. 不同 CO_2 浓度对 4 个桉木品系光合特性的影响 [J]. 林业科学研究, 2007, 20 (5): 710 - 716
- [17] 周小玲, 田大伦, 张旭东, 等. 4 个桉木品系蒸腾特性与水分利用效率的研究 [J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28 (1): 1 - 7
- [18] 喻 武, 周小玲, 许忠坤, 等. 四种优良四川桉木家系光合日变化的研究 [J]. 林业科技开发, 2007 (2): 22 - 25
- [19] 刘丽娜, 赵建刚. CO_2 浓度升高对植物生理特征的影响 [J]. 生物学教学, 2006 (8): 5 - 7
- [20] 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化 [J]. 植物生理通讯, 1990 (6): 5 - 10

www.cnki.net