

三个五角枫品种光合特性比较

于永畅¹, 张林², 王厚新², 李承秀², 颜婷美¹, 王长宪²

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271000; 2. 泰山林业科学研究院, 山东 泰安 271000)

摘 要:以“泰山天外村1号”、“泰山京福1号”、“泰山京福2号”3个五角枫品种的2 a生扦插苗为试材,采用英国 PP-Systems 公司产 CIRAS-1 型便携式光合系统,研究比较了3个五角枫品种的光合生理参数及其变化规律。结果表明:不同五角枫品种的叶片净光合速率(Pn)日变化都呈单峰型曲线,净光合速率间差异显著。光饱和点(LSP)为“泰山京福1号”(1 291.67 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山天外村1号”(1 257.14 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(1 235.71 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),光补偿点(LCP)为“泰山天外村1号”(105.15 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福1号”(93.46 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(71.50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),表观光合量子效率(AQY)为“泰山天外村1号”(光量子0.0155 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福1号”(光量子0.0127 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(光量子0.0111 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$);CO₂饱和点(CSP)为“泰山京福1号”(1 271.43 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山天外村1号”(1 150 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山京福2号”(1 137.5 $\mu\text{mol}/\text{mol}$),CO₂补偿点(CCP)为“泰山京福2号”(153.03 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山天外村1号”(149.08 $\mu\text{mol}/\text{mol}$)>“泰山京福1号”(129.33 $\mu\text{mol}/\text{mol}$),羧化效率(CE)为“泰山京福2号”(0.0195)>“泰山天外村1号”(0.0186)>“泰山京福1号”(0.0169);单位质量叶绿素含量为“泰山京福1号”>“泰山天外村1号”>“泰山京福2号”。3个五角枫品种光合作用强弱依次为“泰山京福1号”>“泰山天外村1号”>“泰山京福2号”。

关键词:五角枫;叶绿素;光合特性;净光合速率

中图分类号:S 687.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)02-0057-04

五角枫(*Acer mono Maxim*)属槭树科槭树属植物,又名地锦槭、色木,原产我国东北、华北至长江流域。五角

枫绿荫浓密,叶形秀丽,秋叶红黄,是著名的秋色叶树种。同时五角枫有一定耐旱力,萌蘖力强,耐烟尘和有毒气体,且在药用保健、木材加工等方面也有较高的经济价值,是重要的园林绿化和经济树种^[1-2]。目前对五角枫的研究多数集中在播种育种方面,在生理生态方面报道较少。光合作用是植物体内重要的代谢过程,对植物的生长发育有重要影响。现对自然环境中3个五角枫品种幼苗的光合生理指标进行比较分析,旨在了解不同品种五角枫间光合特性的差异及环境因子对光合特

第一作者简介:于永畅(1987-),男,山东泰安人,硕士,研究方向为园林植物遗传育种。E-mail: yyc6335@163.com

责任作者:王长宪(1959-),男,山东平阴人,硕士,研究员,硕士生导师,研究方向为园林植物遗传育种。E-mail: changxianwang@163.com

基金项目:山东省农业良种资助项目(鲁科农计字(2007)217号)。

收稿日期:2012-10-17

Abstract: Taking 25 cut chrysanthemum major cultivars from Guangdong as test materials, using portable LI-6400XT photosynthetic system, the net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration rate (Tr) and intracellular CO₂ concentration(Ci) of diurnal change characteristics of photosynthesis were studied. The results showed that the diurnal changes of net photosynthetic rate (Pn) of 11 cultivars showed unimodal type while the other 14 cultivars bimodal type which indicated a midday depression phenomenon. The midday depression phenomenon was found to be caused by non-stomatal factors. The Pn of 10 cultivars ('Bayuehuang', et al.) were highly consistent with stomatal conductance (Gs) and transpiration rate (Tr), while negatively related to intracellular CO₂ concentration (Ci). The daily mean Pn values varied among different seasons, and their order were 2009/09>2010/03>2009/12>2009/11>2010/01>2009/10. Six cultivars ('Shijiushaonan', 'Bayuehuang', 'Baifench', 'Xintaihong', 'Hongmeiren', 'Shibaxiaojie') possessed high photosynthetic capacity.

Key words: cut chrysanthemum; net photosynthetic rate (Pn); stomatal conductance (Gs); transpiration rate (Tr); intracellular CO₂ concentration(Ci)

性的影响,为掌握五角枫的光合机理及制定高效人工种植技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为泰山林业科学研究院选育的3个五角枫品种的2 a 生扦插苗,暂定名为“泰山天外村1号”、“泰山京福1号”、“泰山京福2号”,简称“天1号”、“京1号”、“京2号”。

1.2 试验方法

试验于2012年8月在泰山林业科学研究院进行。

1.2.1 净光合速率日变化测定 采用英国 PP-Systems 公司产 CIRAS-1 进行五角枫净光合速率日变化测定,从7:00~17:00 每隔2 h 测定1次。供试五角枫品种选3个受光良好、生长健壮的叶片进行测定,同一时段3个五角枫品种的叶片按一定的次序轮换测定,以消除因测试时间不同而带来的误差。

1.2.2 光合响应曲线测定 于晴天上午的9:00~11:00,用 CIRAS-1 型便携式光合测定仪进行光合响应曲线测定。采用 LED 红/蓝光源,设定光合有效辐射梯度为0、50、100、150、200、250、300、400、500、600、800、1 000、1 200、1 300、1 400、1 600、1 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO_2 浓度采用大气 CO_2 浓度。不同光强下适应2 min 后记录数值,通过拟合曲线计算表观量子效率(AQY)、光饱和点(LSP)和光补偿点(LCP)。

1.2.3 CO_2 响应曲线测定 于晴天上午的9:00~11:00,用 CIRAS-1 型便携式光合测定仪进行 CO_2 响应曲线测定。采用 LED 红/蓝光源和 CO_2 钢瓶,设定 CO_2 摩尔分数为50、100、150、200、250、300、350、400、500、600、800、1 000、1 200、1 400、1 600 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,设定光合有效辐射为1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,测定 Pn-Ci 响应的各项数据,通过拟合曲线计算羧化效率(CE)、 CO_2 饱和点(CSP)和 CO_2 补偿点(CCP)。

1.2.4 叶绿素含量测定 测定时间与叶片选择同上,叶绿素含量采用丙酮法测定,5次重复取平均值。

1.3 数据分析

数据采用 Excel、DPS 7.05、SPSS 13.0 进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 3个五角枫品种净光合速率日变化

由图1可以看出,3个五角枫品种叶片的净光合速率(Pn)日变化呈单峰型,不同品种五角枫出现峰值的时间大致相同。从早上开始,随着光合有效辐射(PAR)不断升高,叶片部分气孔开始打开,Pn 迅速增加。之后,随着光合有效辐射(PAR)的降低,Pn 逐渐下降,且中午13:00以后,“泰山京福2号”Pn 下降速率明显高于“泰山

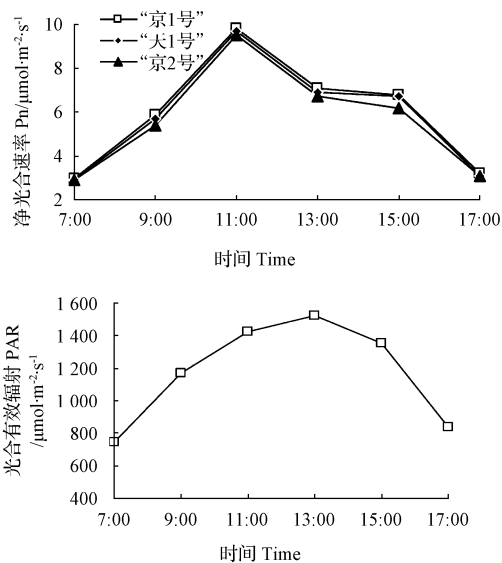


图1 叶片净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal variation of net photosynthetic rate (Pn)

京福1号”和“泰山天外村1号”。在同一时刻,3个五角枫品种的净光合速率为“泰山京福1号”>“泰山天外村1号”>“泰山京福2号”。

2.2 3个五角枫品种的 Pn-PAR 响应曲线

由图2可知,3个五角枫品种叶片的 Pn-PAR 响应曲线呈相似的曲线关系,都随着光强的增加,净光合速率明显增大,当达到一定光强后,净光合速率基本稳定在一定水平,光强在0~500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,“泰山京福2号”的净光合速率略高于“泰山天外村1号”和“泰山京福1号”,光强在500~1 500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,“泰山京福1号”的净光合速率明显高于“泰山京福2号”。通过拟合曲线方程可得,3个五角枫品种叶片的光饱和点分别为“泰山京福1号”(1 291.67 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山天外村1号”(1 257.14 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2号”(1 235.71 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),光补偿点分别为“泰山天外村1号”(105.15 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福1号”(93.46 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福2

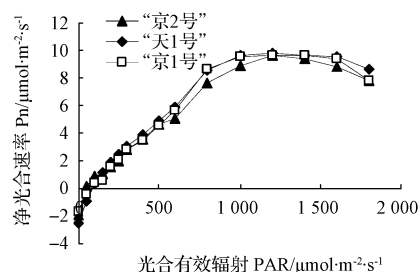


图2 3个五角枫品种 Pn-PAR 响应曲线

Fig. 2 Response curves of net photosynthetic rate to photosynthetic active radiation of three *Acer mono* Maxim. varieties

号”(71.50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),表观光合量子效率分别为“泰山天外村 1 号”(0.0155 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福 1 号”(0.0127 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)>“泰山京福 2 号”(0.0111 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。光补偿点和光量子效率是植物利用弱光能力的重要指标,光饱和点则反映了植物利用强光的能力。可见 3 个五角枫品种利用弱光能力强弱为“泰山京福 2 号”>“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”,利用强光能力强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”。

2.3 3 个五角枫品种的 Pn-Ci 响应曲线

由图 3 可以看出,胞间 CO_2 浓度(Ci) 在 0~500 $\mu\text{mol/mol}$ 范围内时,3 个五角枫品种叶片的 Pn 值随 Ci 值的升高上升较快,但差异不大,胞间 CO_2 浓度在 500~1 600 $\mu\text{mol/mol}$ 时,Pn 值逐渐上升并趋于稳定,随后开始下降。通过拟合曲线方程可得,3 个五角枫品种叶片的 CO_2 饱和点分别为“泰山京福 1 号”(1 271.43 $\mu\text{mol/mol}$)>“泰山天外村 1 号”(1 150 $\mu\text{mol/mol}$)>“泰山京福 2 号”(1 137.5 $\mu\text{mol/mol}$), CO_2 补偿点分别为“泰山京福 2 号”(153.03 $\mu\text{mol/mol}$)>“泰山天外村 1 号”(149.08 $\mu\text{mol/mol}$)>“泰山京福 1 号”(129.33 $\mu\text{mol/mol}$),羧化效率分别为“泰山京福 2 号”(0.0195)>“泰山天外村 1 号”(0.0186)>“泰山京福 1 号”(0.0169)。表明 3 个五角枫品种对低 CO_2 浓度的利用率强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,对高 CO_2 浓度的利用率强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外

村 1 号”>“泰山京福 2 号”,二磷酸核酮糖(RuBP)羧化酶活性及积累同化物的能力强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”。

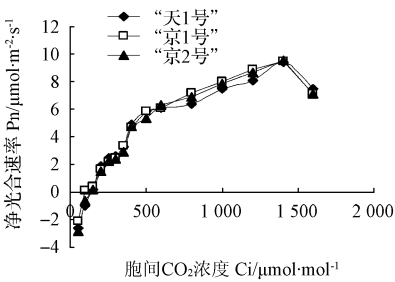


图 3 3 个五角枫品种 Pn-Ci 响应曲线

Fig. 3 Response curves of net photosynthetic rate to intercellular CO_2 concentrations of three *Acer mono* Maxim. varieties

2.4 3 个五角枫品种叶绿素含量

由表 1 可以看出,不同五角枫品种叶绿素含量不同。经 t 检验,3 个五角枫品种叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量均差异显著,单位质量叶绿素含量为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,“泰山天外村 1 号”与“泰山京福 1 号”、“泰山京福 2 号”叶绿素 a/b 值差异显著,“泰山京福 1 号”与“泰山京福 2 号”叶绿素 a/b 值差异不显著。综上可见,3 个五角枫品种光合作用强弱依次为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”。

表 1 3 个五角枫品种叶绿素含量

Table 1 Chlorophyll content of three *Acer mono* Maxim. varieties

品种 Varieties	叶绿素 a Chlorophyll a /mg · g ⁻¹	叶绿素 b Chlorophyll b /mg · g ⁻¹	叶绿素总量 Chlorophyll a+b /mg · g ⁻¹	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
“泰山天外村 1 号”	1.884±0.0015a	0.637±0.0025a	2.519±0.004a	2.960±0.010a
“泰山京福 1 号”	2.196±0.0085b	0.778±0.0105b	2.974±0.0185b	2.822±0.026b
“泰山京福 2 号”	1.075±0.0001c	0.384±0.001c	1.459±0.001c	2.802±0.0085b

3 结论与讨论

光合作用被称为“地球上最重要的化学反应”,对植物的进化和发展有重要影响^[3]。五角枫叶片的光合速率日变化呈单峰曲线,与文建雷等^[4]的研究结果一致,但不同品种光饱和点差异较大,原因可能是受叶片自身的生理因素和环境因素的综合影响。不同五角枫品种 Pn 值有差异,该试验表明,“泰山京福 1 号”Pn 日变化值高于“泰山天外村 1 号”和“泰山京福 2 号”。

在 Pn-PAR 响应曲线中,植物的光饱和点反映了植物利用强光的能力,光补偿点和表观光合量子效率反映了植物利用弱光的能力^[5]。该试验表明,3 个五角枫品种叶片的光饱和点分别为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,光补偿点为“泰山天外村 1

号”>“泰山京福 1 号”>“泰山京福 2 号”,表观光合量子效率为“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 1 号”>“泰山京福 2 号”。由此可见,3 个五角枫品种利用弱光能力强弱为“泰山京福 2 号”>“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”,利用强光能力强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,“泰山京福 1 号”在受到强光刺激时不易发生光抑制。

CO_2 是光合作用的主要原料,其浓度的高低直接影响到光合作用的进行。3 个五角枫品种叶片的 CO_2 饱和点为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”, CO_2 补偿点为“泰山京福 2 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 1 号”,羧化效率为“泰山京福 2 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 1 号”。3 个五角枫品种

对低 CO₂ 浓度的利用率强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,对高 CO₂ 浓度的利用率强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,师生波等^[6]认为,羧化效率能够反映活化的 RuBP 羧化酶活性,可见 RuBP 羧化酶活性及积累同化物的能力强弱为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”。

叶绿素作为植物的光合色素,与植物的光合能力、生长发育有重要的相关性,其含量是衡量植物对光能利用能力的指标^[7]。该试验表明,3 个五角枫品种 Chl a/Chl b 比值为 2.9:1 和 2.8:1,与涂大正^[8]所述的 3:1 一致。单位质量叶绿素含量为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”,“泰山天外村 1 号”与“泰山京福 1 号”、“泰山京福 2 号”叶绿素 a/b 值差异显著,“泰山京福 1 号”与“泰山京福 2 号”叶绿素 a/b 值差

异不显著,说明“泰山京福 1 号”五角枫能更好的吸收光能和更有效的进行光合作用。综上所述,3 个五角枫品种光合作用强弱依次为“泰山京福 1 号”>“泰山天外村 1 号”>“泰山京福 2 号”。

参考文献

- [1] 臧德奎. 园林树木学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [2] 张天麟. 园林树木 1600 种[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [3] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [4] 文建雷,刘志龙,王姝清. 水分胁迫条件下元宝枫的光合特征及水分利用效率[J]. 西北林学院学报,2003,18(2):1-3.
- [5] 伍维模,李志军,罗青红,等. 土壤水分胁迫对胡杨、灰叶胡杨光合作用-光响应特性的影响[J]. 林业科学,2007,43(5):30-35.
- [6] 师生波,李惠梅,王学英,等. 青藏高原几种典型高山植物的光合特性比较[J]. 植物生态学报,2006,30(1):40-46.
- [7] 吴飞燕,伊力塔,李修鹏,等. 不同光照强度对石栎幼苗叶绿素含量及叶绿素荧光参数的影响[J]. 东北农业大学学报,2012,43(4):88-92.
- [8] 涂大正. 植物生理学[M]. 哈尔滨:东北师范大学出版社,1992.

Comparison on Photosynthetic Characteristics of Three *Acer mono* Maxim. Varieties

YU Yong-chang¹, ZHANG Lin², WANG Hou-xin², LI Cheng-xiu², YAN Ting-mei¹, WANG Chang-xian²

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271000; 2. Forestry Research Institute of Mount Tai, Tai'an, Shandong 271000)

Abstract: Taking ‘Taishanjingfu No. 1’, ‘Taishanjingfu No. 2’ and ‘Taishantianwaicun No. 1’ three 2-year-old *Acer mono* Maxim. varieties of cutting seedlings as test materials, using CIRAS-1 portable photosynthesis system, the various photosynthetic physiological parameters and their variation regularities in three *Acer mono* Maxim. varieties were compared and studied. The results showed that both the diurnal change of net photosynthetic rate (Pn) of three *Acer mono* Maxim. varieties showed a single-peak curve and the net photosynthetic rate had significant difference between three *Acer mono* Maxim. varieties. Light saturation point (LSP) of the three *Acer mono* Maxim. varieties was ‘Taishanjingfu No. 1’ (1 291.67 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > ‘Taishantianwaicun No. 1’ (1 257.14 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > ‘Taishanjingfu No. 2’ (1 235.71 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), the light compensation point (LCP) of them was ‘Taishantianwaicun No. 1’ (105.15 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > ‘Taishanjingfu No. 1’ (93.46 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > ‘Taishanjingfu No. 2’ (71.50 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) and the apparent quantum yield (AQY) was ‘Taishantianwaicun No. 1’ (0.0155 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > ‘Taishanjingfu No. 1’ (0.0127 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > ‘Taishanjingfu No. 2’ (0.0111 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$). CO₂ saturation point (CSP) of the three *Acer mono* Maxim. varieties was ‘Taishanjingfu No. 1’ (1 271.43 $\mu\text{mol}/\text{mol}$) > ‘Taishantianwaicun No. 1’ (1 150 $\mu\text{mol}/\text{mol}$) > ‘Taishanjingfu No. 2’ (1 137.5 $\mu\text{mol}/\text{mol}$), CO₂ saturation point (CCP) of them was ‘Taishanjingfu No. 2’ (153.03 $\mu\text{mol}/\text{mol}$) > ‘Taishantianwaicun No. 1’ (149.08 $\mu\text{mol}/\text{mol}$) > ‘Taishanjingfu No. 1’ (129.33 $\mu\text{mol}/\text{mol}$). And the carboxylation efficiency (CE) was ‘Taishanjingfu No. 2’ (0.0195) > ‘Taishantianwaicun No. 1’ (0.0186) > ‘Taishanjingfu No. 1’ (0.0169). The chlorophyll content of unit leaf mass of them was ‘Taishanjingfu No. 1’ > ‘Taishantianwaicun No. 1’ > ‘Taishanjingfu No. 2’. The ability of photosynthesis was ‘Taishanjingfu No. 1’ > ‘Taishantianwaicun No. 1’ > ‘Taishanjingfu No. 2’.

Key words: *Acer mono* Maxim.; chlorophyll; photosynthetic characteristics; net photosynthetic rate