

核桃光合日变化的特征研究

杨雨华¹, 宗建伟^{1,2}, 杨凤岭¹, 梁亚红¹, 岳汉秋¹

(1. 平顶山学院 资源与环境科学学院, 低山丘陵区生态修复重点实验室, 河南 平顶山 467000;

2. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:以“辽核4号”核桃品种为试材,采用 Li-6400 便携式光合测定仪,研究了核桃品种的光合日变化规律。结果表明:核桃净光合速率(Pn)日变化呈现“双峰”型曲线,峰值分别出现在 10:00 左右和 16:00 左右,且首次峰值比第 2 次峰值高出 48.40%,最大光合速率为 $6.1125 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,14:00 有明显“午休”现象;核桃蒸腾速率(Tr)日变化也呈现“双峰”型曲线,峰值分别出现在 10:00 左右和 14:00 左右,且首次峰值低于第 2 次峰值,最大蒸腾速率为 $1.7989 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;核桃在午间净光合速率(Pn)和气孔限制值(Ls)均呈现下降趋势,而胞间 CO_2 浓度(Ci)升高,因此非气孔限制因素是影响核桃光合作用的主要限制因素。

关键词:核桃;光合日变化;净光合速率;蒸腾速率

中图分类号:S 664.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2013)20-0031-03

核桃(*Juglans regia* L.)属胡桃科胡桃属落叶乔木,又称羌桃、胡桃,是世界著名的“四大干果”之一。其果实有卓越的健脑效果和丰富的营养价值,已被越来越多的人所推崇,享有“万岁子”、“长寿果”之美誉。我国是除美国之外,世界上第二大核桃生产国,核桃及其制品远销多个国家和地区,在经济发展中占有重要地位。有研究表明,核桃富含优质蛋白质、脂肪、糖类以及钙、磷、铁、胡萝卜素、磷脂等营养物质,是上好的食品。另外,核桃还具有良好的药效,中国医学认为核桃性温、味甘、无毒,具有补血养气、补肾填精、止咳平喘、润燥通便等功效,其中所含的精氨酸、油酸、抗氧化物质等对保护心血管,预防冠心病、中风、老年痴呆等颇具裨益。目前,对核桃的研究多集中于栽培繁育、新品种选育、分子生物学、食品开发、病虫害防治及组织培养等方面^[1-4],对其光合性能方面的研究报道较少,而光合作用变化直接影响果实的品质和产量。因此,该试验以“辽核4号”核桃品种为试验材料,采用 Li-6400 便携式光合测定仪对该核桃品种的光合指标进行了测量和分析,以期确定该核

桃品种的栽植密度、留叶量以及优质高产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西杨凌西北农林科技大学林学院苗圃(东经 $108^{\circ}07'$ 、北纬 $34^{\circ}12'$)。该地属暖温带半湿润大陆性季风气候,年均降水量 660 mm,年平均气温 12.9°C ,年均积温 $4\,811^{\circ}\text{C}$,年均日照时数 $2\,163.8 \text{ h}$,年均辐射总量 114.8 kJ/m^2 。

1.2 试验材料

供试早实核桃品种“辽核4号”取自陕西杨凌西北农林科技大学林学院苗圃。择其长势均匀、健康无病的 1 a 生嫁接苗备用。

1.3 试验方法

于 2011 年 6 月 10 日的晴朗天气,选取“辽核4号”1 a 生嫁接苗的叶片,采用 Li-6400 便携式光合测定仪开放式气路测定光合指标。测定时间 8:00~18:00,每 2 h 测定 1 次,每株选取不同叶位的 5 片叶,取其平均值。光合指标包括:净光合速率(Pn, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度(Ci, $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)、气孔导度(Gs, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(Tr, $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、叶片水压亏缺(Vpdl, kPa),叶片温度(Tleaf, $^{\circ}\text{C}$)。环境因子包括:光合有效辐射(PAR, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、空气温度(Ta, $^{\circ}\text{C}$)、大气 CO_2 浓度(Ca, $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)、空气相对湿度(RH, %);根据光合和环境参数可计算气孔限制值 Ls (Stomatal limiting value) = $1 - \text{Ci}/\text{Ca}$,水分利用效率 WUE (Water use efficiency) = Pn/Tr 。

第一作者简介:杨雨华(1980-),女,河南商丘人,博士,讲师,研究方向为植物光合作用与植物生理生态学。E-mail: yyzdx2003@163.com.

基金项目:河南省教育厅自然科学基金基础研究计划资助项目(12B180026);平顶山市科技局科研资助项目(2012002/kj);平顶山学院高层次人才科研启动经费资助项目(2011010/G);平顶山学院青年科研基金启动资助项目(20120018);平顶山学院“生态地理学”重点学科资助项目。

收稿日期:2013-05-14

1.4 数据分析

试验所有数据均采用 Microsoft Excel 2007 进行绘图和处理。

2 结果与分析

2.1 主要环境因子的日变化

由图 1 可知,在全日变化中,光合有效辐射、空气温

度日变化均表现出单峰曲线,光合有效辐射的最大值出现在 12:00,达到 $1\,764.741\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,空气温度最大值出现在 14:00,达 41.54°C ;空气 CO_2 浓度在 8:00~10:00 下降较快,而在 10:00 之后变化比较平稳;随着空气温度升高,空气相对湿度一直呈现逐渐下降的趋势。

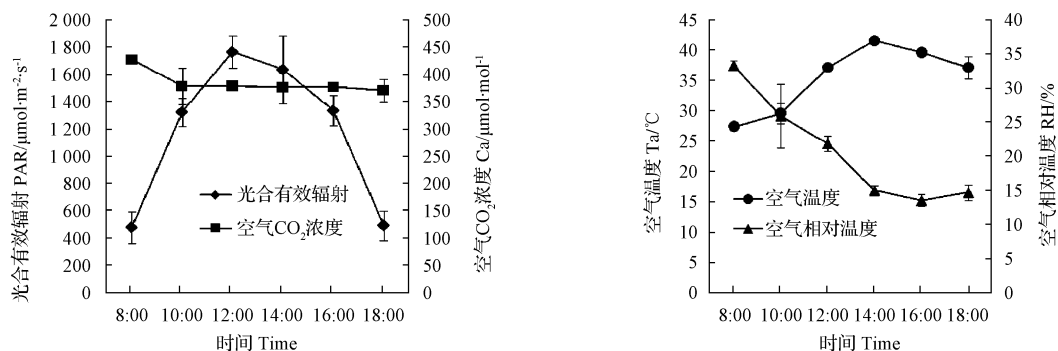


图 1 光合有效辐射、空气 CO_2 浓度、空气温度和空气相对湿度日变化规律

Fig. 1 Diurnal changes of photosynthetically active radiation, air CO_2 concentration, air temperature and air relative humidity

2.2 光合特征日变化

2.2.1 净光合速率和蒸腾速率日变化规律 从图 2A 可以看出,核桃净光合速率日变化呈“双峰”型曲线,峰值分别出现 10:00 左右和 16:00 左右,且首次峰值高于第 2 次峰值,最大光合速率为 $6.1125\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,比第 2 次峰值高出 48.40%,14:00 出现明显“午休”现象。核桃蒸腾速率日变化也呈现“双峰”型曲线,峰值分

别出现 10:00 左右和 14:00 左右,且首次峰值低于第 2 次峰值,最大蒸腾速率为 $1.7989\ \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

2.2.2 气孔导度与气孔限制值日变化规律 由图 2B 可知,核桃气孔导度随着时间的变化呈现逐渐下降的趋势,在 8:00~10:00 变化较缓慢,10:00~12:00 出现急剧下降趋势,12:00 之后下降较为平缓。气孔限制值日变化呈现“双峰”曲线,峰值分别出现在 12:00 左右和 16:00

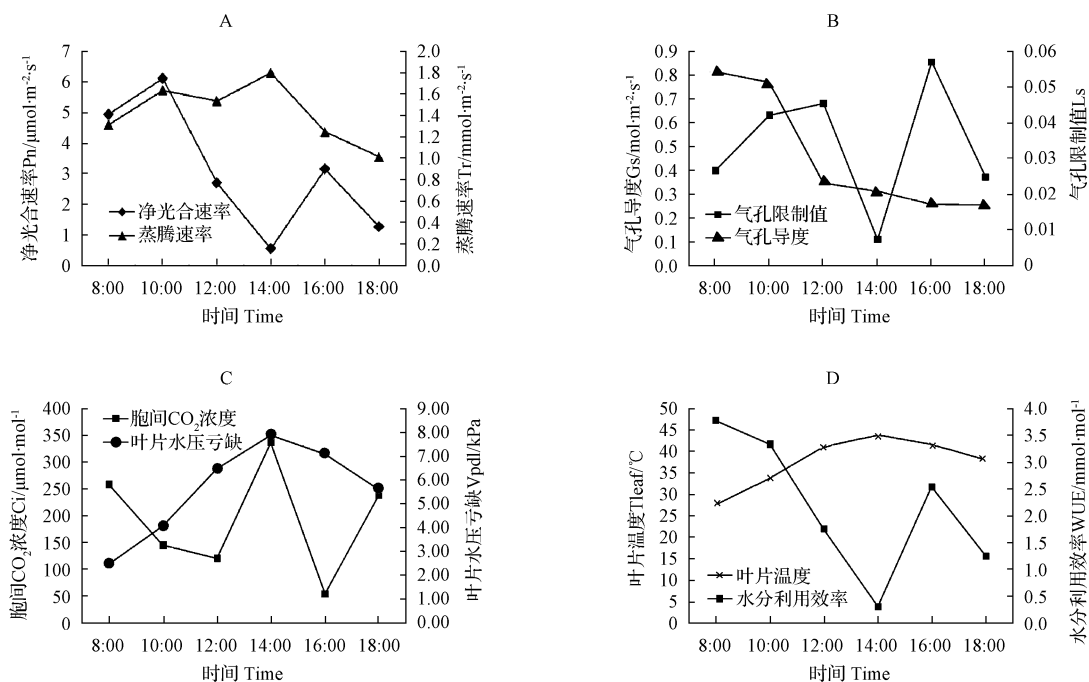


图 2 核桃品种光合特征日变化

Fig. 2 Diurnal changes of photosynthetic characteristics of *Juglans regia*

左右,且第2次峰值高于第1次。

2.2.3 胞间 CO_2 浓度和叶片水压亏缺日变化规律

从图2C可以看出,胞间 CO_2 浓度全天呈现“降-升-降-升”的趋势,从早上8:00逐渐下降,至12:00出现第1个谷值,之后继续上升,至14:00出现全天的最高值 $335.667 \mu\text{mol}/\text{mol}$,之后又继续下降,至16:00出现第2个谷值即 $54.550 \mu\text{mol}/\text{mol}$,且第2个谷值低于第1个谷值,16:00~18:00又开始上升;叶片水压亏缺早晚较低,呈现“单峰”曲线,在14:00出现峰值即 7.866 kPa 。

2.2.4 叶片温度 and 水分利用效率日变化规律

从图2D可知,叶片温度日变化呈现“单峰”型曲线,出现先升高后降低的趋势,早上与傍晚叶面温度偏低,14:00出现峰值即 43.791°C ;水分利用效率日变化从8:00开始,呈现下降的趋势,在14:00出现谷值为 $0.3112 \text{ mmol}/\text{mol}$,之后又逐渐上升。

3 结论与讨论

植物光合作用是一个复杂的生理生化过程^[5],不同植物叶片的净光合速率曲线存在着差异,其主要的日变化曲线分为“单峰”、“双峰”、“三峰”等类型^[6-7]。该研究结果表明,核桃的净光合曲线日变化为“双峰”类型,且10:00出现的第1次峰值高于16:00出现的第2次峰值,14:00出现了明显的“午休”现象。

徐大全^[8]研究提出,植物午间发生光合速率下降可以分为气孔限制因素和非气孔限制因素,由于气孔部分关闭引起光合速率降低属于气孔限制因素,而由于叶肉细胞参与光合作用,酶的活性受到外界高温或光强的抑制或破坏属于非气孔限制因素。当净光合速率降低,同

时胞间 CO_2 浓度也发生下降,而气孔限制值升高,气孔限制因素是导致光合速率下降的主要因素;相反,就属于非气孔限制因素^[9-10]。该研究发现,核桃在午间净光合速率降低,胞间 CO_2 浓度升高、气孔限制值下降,因此非气孔限制因素为影响核桃光合作用的主要限制因素。该研究结果与刘小文等^[11]在研究紫茎泽兰净光合速率的结果基本一致。

参考文献

- [1] 肖志娟,翟梅枝,许静,等.不同核桃品种的 ISSR 标记分析[J].北方园艺,2013(4):103-107.
- [2] 张璐璐,贾桂民,叶建丰,等.浙江临安山核桃干腐病发生发展规律[J].浙江农林大学学报,2013(1):148-152.
- [3] 张雁东,李仙兰,杨美荣,等.核桃新品种-漾早香的选育[J].林业实用技术,2013(2):53-54.
- [4] 张海燕,张进德.核桃外植体消毒剂的对比试验[J].林业实用技术,2013(2):31.
- [5] 岳春雷,刘亚群.濒危植物南川升麻光合生理生态的初步研究[J].植物生态学报,1999,23(1):71-75.
- [6] 许克章,史跃林,许贵民,等.保护地黄瓜叶片光合作用温度特性的研究[J].园艺学报,1993,20(1):51-55.
- [7] 施建敏,郭起荣,杨光耀.毛竹光合动态研究[J].林业科学研究,2005,18(5):551-555.
- [8] 许大全.光合作用气孔限制分析中的一些问题[J].植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.
- [9] Franquar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [10] Farquhar G D. Carbon isotope discrimination and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1989, 40: 520-523.
- [11] 刘小文,王秋霞,郭美霞,等.紫茎泽兰生殖期光合特性日变化[J].草业科学,2011,28(1):105-109.

Study on Diurnal Changes of Photosynthetic Characteristics of *Juglans regia*

YANG Yu-hua¹, ZONG Jian-wei^{1,2}, YANG Feng-ling¹, LIANG Ya-hong¹, YUE Han-qiu¹

(1. Key Laboratory Ecological Restoration Hilly, College of Natural Resources and Environment Sciences, Pingdingshan University, Pingdingshan, Henan 467000; 2. College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shannxi 712100)

Abstract: Taking *Juglans regia* ‘Liaohe 4’ as material, diurnal changes of photosynthetic characteristics were studied by Li-6400 portable photosynthesis analyzer. The results showed that the diurnal changes of the net photosynthetic rate (Pn) in the cultivar exhibited double peak curve at 10:00 and 16:00 respectively and the prime peak was 48.40% higher than the second peak, the maximum photosynthetic rate was $6.1125 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, significant midday depression phenomenon occurred at 14:00; the diurnal changes of the transpiration rate (Tr) in the cultivar displayed double peak curve at 10:00 and 14:00 respectively and the first peak higher than the second peak, the maximum transpiration rate was $1.7989 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; during midday, net photosynthetic rate (Pn) and stomatal limitation value (Ls) of walnut generally displayed a declining trend, however, intercellular CO_2 concentration (Ci) increased. Therefore, non-stomatal limitation was the major factor influencing photosynthesis of *Juglans regia*.

Key words: *Juglans regia*; diurnal change of photosynthesis; net photosynthetic rate; transpiration rate