

4 个核桃品种光合特性的日变化

宗建伟^{1,2}, 杨雨华¹, 杨风岭¹, 梁亚红¹, 刘杜玲², 朱海兰²

(1. 平顶山学院资源与环境科学学院 低山丘陵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:采用 LI-6400 便携式光合测定仪, 分析鲁光、扎 343、强特勒、中林 5 号 4 个核桃(*Juglans regia*)品种光合特性的日变化, 以为核桃的优质高产和规范化生产提供理论依据。结果表明, 4 个不同的核桃品种净光合速率(P_n)日变化均呈现双峰曲线, 且在 14:00 均出现显著的“午休”现象; 强特勒、中林 5 号较鲁光和扎 343 更早地受到了光抑制。4 个核桃品种 P_n 与光合有效辐射(PAR)均存在显著正相关, 相关系数由大到小依次为扎 343 > 强特勒 > 鲁光 > 中林 5 号。

关键词:净光合速率; 蒸腾速率; 气孔导度; 水分利用效率

中图分类号: S664.1; Q945.11

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2013)03-0397-05

核桃(*Juglans regia*)为胡桃科核桃属, 它的果实不仅富含多种氨基酸, 而且还含有人体必需的多矿质元素, 具有较高的营养、保健及药用价值^[1]。我国是世界上核桃原产地之一, 目前在我国种植的 7 属 28 种胡桃科植物中, 有 4 个种已经确定为是原产于我国的核桃品种。由于核桃具有很高的经济价值和广泛的生态适应性, 核桃产业在我国得以迅猛发展。目前, 对核桃的研究多集中在繁育技术、新品种引进以及病虫害防治等方面, 而对光合生理性能方面的研究少有涉及。环境变化直接影响着植物的光合作用^[2], 而光合作用的大小则直接影响着果树干物质的积累和果实的产量、品质。目前, 在研究植物光合作用过程中, 光合指标已越来越受到广大研究人员的肯定和广泛应用^[3-5]。本研究分析 4 个核桃品种的光合特性日变化, 旨在通过比较 4 个核桃品种光合特征的差异, 为优质高产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验地在陕西杨凌西北农林科技大学林学院教学试验苗圃。地处 108°07' E, 34°12' N, 海拔 454.5 m, 属暖温带半湿润大陆性季风气候, 年均降水量 660 mm, 年均温 12.9 °C, 年均积温 4 811 °C · d, 无霜期 220 d, 年均日照时数 2 163.8 h, 年均辐射总量 114.8 kJ · m⁻²。

1.2 试验材料 试验材料选用 4 个品种 1 年龄早实核桃嫁接苗, 4 个品种分别为鲁光、扎 343、强特勒、中林 5 号。

1.3 试验设计 2011 年 3 月上旬选择健康无病、长势一致, 株高 1.2 m 的 4 个品种的嫁接核桃苗分别种植于塑料桶(高度 30 cm、桶口直径 25 cm)中, 每个品种 3 桶, 每桶 1 株。基质配比为熟土: 营养土: 沙 = 3: 2: 1, 质量控制在 18 kg 左右。

1.4 光合指标的测定方法 测定时间为 2011 年 6 月 10 日, 采用由美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定仪 2 cm × 3 cm 透明叶室分别测定每个核桃品种的光合日变化。自 08:00 - 18:00 每间隔 2 h 测定 1 次, 每个品种均选取离枝顶端向下第 3~4 片复叶上的第 3~4 片功能叶, 每个品种选取 5 个叶片且每个叶片测定 3 次数据^[6], 然后对其求平均值。为避免仪器遮挡和光源差异较大引起的误差, 测定时尽量使叶室与自然光线垂直, 每测完一个叶片后对其挂牌编号, 便于下次测定。测定光合参数包括: 1) 净光合速率(P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔导度(G_s , $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(T_r , $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 2) 环境因子: 光合有效辐射(PAR, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气温(T_a , °C)、大气 CO₂ 浓度(C_a , $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)、空气

收稿日期: 2012-10-16 接受日期: 2013-01-08

基金项目: 河南省教育厅自然科学基金基础研究计划项目(12B180026); 河南省林业厅林业推广项目(2011021); 平顶山学院高层次人才科研启动经费(2011010/G); 平顶山学院“生态地理学”重点学科; 平顶山学院青年科研基金启动项目(20120018)

作者简介: 宗建伟(1978-), 男, 河南安阳人, 助教, 硕士, 研究方向为植物生理生态。E-mail: acbczjw@163.com

通信作者: 杨雨华(1980-), 女, 河南商丘人, 讲师, 博士, 研究方向植物生理生态和农业生态学。E-mail: yyzdx2003@163.com

相对湿度(RH,%)。根据光合和环境参数计算水分利用效率(Water Use Efficiency, WUE)。

$$WUE = P_n / T_r$$

1.5 数据处理 绘图和数据统计分析采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 16.0 软件结合进行。

2 结果与分析

2.1 环境因子日变化 从 08:00 至 18:00, 光合有效辐射、气温的日变化均呈现单峰曲线, 具有先升后降的趋势, 光合有效辐射的峰值出现在 12:00 左右, 达 $1764.741 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 而气温的峰值出现在 14:00 左右, 达 $41.54 \text{ }^\circ\text{C}$ 。空气 CO_2 浓度在 08:00—10:00 出现了急剧下降的现象, 而在 10:00—18:00 期间变化平稳; 从 08:00—16:00, 空气相对湿度日变化出现逐渐下降的趋势(图 1)。

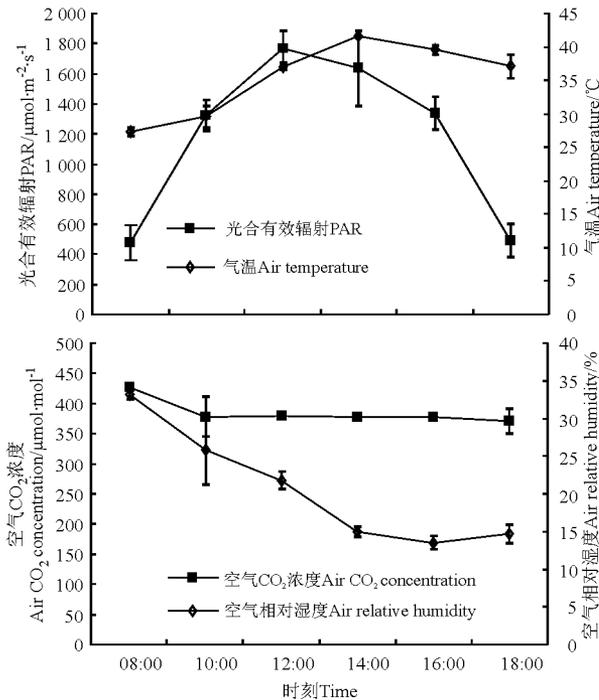


图 1 光合有效辐射、空气温度、空气 CO_2 浓度和空气相对湿度日变化规律

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

2.2 光合特征日变化

2.2.1 净光合速率日变化规律 4 个不同的核桃品种净光合速率日变化均呈现双峰型曲线, 且在 14:00 均出现了显著的“午休”现象(图 2A)。不同的是, 4

个核桃品种净光合速率第 1 次峰值出现的时间并不相同, 鲁光和扎 343 第 1 次峰值出现在 10:00 左右, 其峰值分别为 4.846 和 $7.003 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 而强特勒和中林 5 号第 1 次峰值则出现在 08:00 左右, 其峰值分别为 6.122 和 $5.351 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。4 个核桃品种的第 2 次峰值均出现在 16:00 左右。此外, 4 个核桃品种的最大净光合速率由大到小依次排序为: 扎 343 ($7.003 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 强特勒 ($6.122 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 中林 5 号 ($5.351 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 鲁光 ($4.846 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 且 4 个品种间不存在显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2.2 蒸腾速率日变化规律 鲁光、中林 5 号两个品种的蒸腾速率日变化呈现单峰曲线, 峰值均出现在 14:00 左右, 分别是 2.038 和 $1.605 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 而扎 343、强特勒的蒸腾速率日变化呈现双峰曲线, 峰值分别出现在 10:00 和 14:00 左右(图 2B)。4 个品种的蒸腾速率均值日变化由大到小依次排序为扎 343 ($1.551 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 强特勒 ($1.388 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 鲁光 ($1.341 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > 中林 5 号 ($1.152 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) (图 2B), 且扎 343 与其余 3 个品种达到显著差异 ($P < 0.05$), 而强特勒和鲁光之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2.3 气孔导度日变化规律 鲁光、扎 343 的气孔导度先呈增加趋势, 出现峰值之后均呈下降趋势(图 2C)。然而, 4 个核桃品种的气孔导度峰值出现的时间点并不一致, 鲁光和扎 343 气孔导度峰值均出现在 10:00 左右, 分别为 0.052 和 $0.065 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 而强特勒和中林 5 号峰值出现在 08:00 左右, 其值分别为 0.060 和 $0.069 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。其中, 中林 5 号和强特勒、鲁光之间, 扎 343 和鲁光之间均存在显著差异 ($P < 0.05$)。

2.2.4 水分利用效率日变化规律 4 个核桃品种的水分利用效率从 08:00 左右开始均呈现下降的趋势, 到 16:00 左右出现了起伏, 但峰值均低于 08:00 左右的峰值, 之后又逐渐下降(图 2D)。4 个品种的水分利用效率均值日变化由大到小依次排序为强特勒 ($2.261 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) > 中林 5 号 ($2.190 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) > 扎 343 ($1.965 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) > 鲁光 ($1.915 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$), 且强特勒、中林 5 号和扎 343、鲁光之间存在显著差异 ($P < 0.05$)。

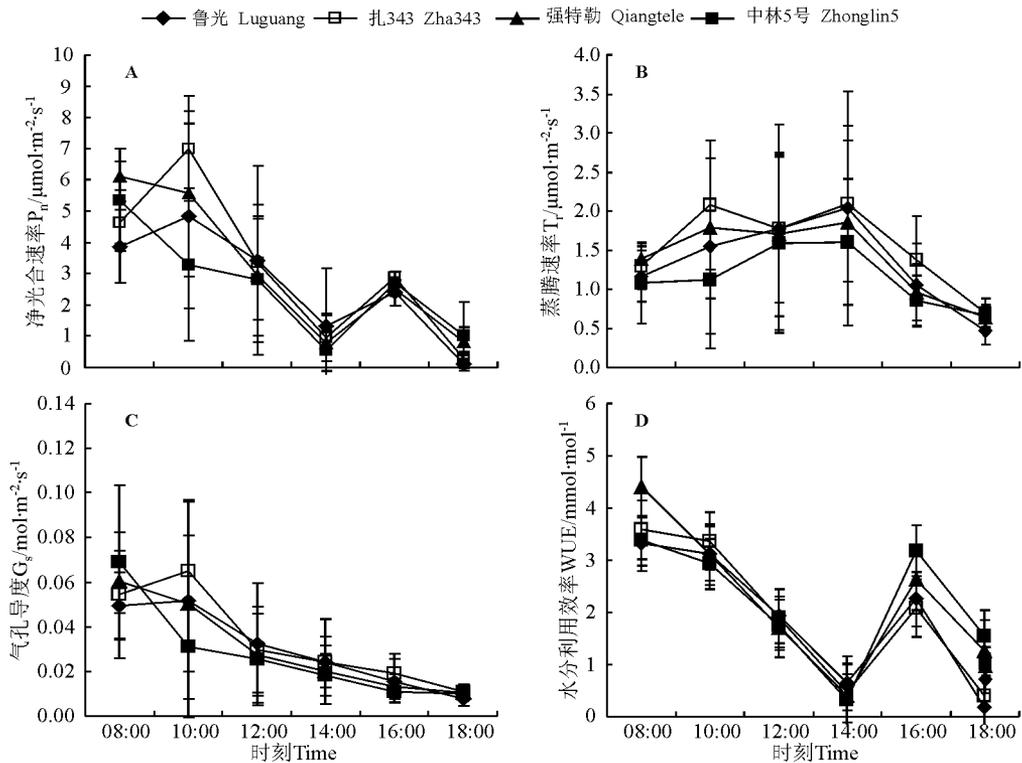


图2 4个核桃品种光合特征日变化

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

2.3 不同核桃品种光合参数与环境指标相关性分析 4个核桃品种的净光合速率与气孔导度、水分利用效率、光合有效辐射均存在显著的正相关 ($P < 0.05$), 而气温与气孔导度存在显著负相关。此外, 还发现光合有效辐射与核桃品种鲁光的蒸腾速率存在显著正相关, 但气温与扎343、强特勒的水分利用效率存在显著负相关, 中林5号和强特勒的净光合速率与气温存在显著负相关。鲁光、扎343的气孔导度与水分利用效率存在显著正相关, 而强特勒、中林5号的气孔导度与水分利用效率无相关性。

3 讨论与结论

植物叶片捕获的激发能高于植物本身的碳同化能力时, 常造成过多的光能被消耗, 最终引起光合速率的下降^[7]。本研究发现, 4个核桃品种净光合速率日变化呈现双峰曲线, 且14:00左右均出现了明显的“午休”现象, 由于净光合速率与光有效辐射、气孔导度存在显著的正相关 ($P < 0.05$), 因此, 引起中午核桃“午休”现象发生的因素光强可能并不是最主要的原因。有研究表明, 环境的气温与净光合速率

的相关性是一种假象^[8-10], 因此, 气温不是直接限制净光合速率的因素之一, 而且本研究也发现, 鲁光和扎343两个品种的净光合速率与气温相关性不显著。

由于强特勒和中林5号净光合速率第1个峰值出现在08:00左右, 而鲁光和扎343比强特勒和中林5号峰值推迟出现2h, 而且净光合速率与光合有效辐射存在显著正相关 ($P < 0.05$), 且光合有效辐射峰值出现在12:00左右, 这可能是强特勒和中林5号较鲁光和扎343更早地受到了光抑制, 因此, 强特勒和中林5号在日常管理中应注意遮阴, 过大的光照强度不仅影响植物的光合能力, 甚至对植物造成伤害。

在同样的环境条件下, 与其他3个核桃品种相比, 扎343蒸腾速率日变化呈现双峰型曲线, 峰值分别出现在10:00和14:00, 因此, 相对于其他3个核桃品种, 扎343对环境的适应具有一定的滞后性, 其原因可能与不同核桃品种遗传特性差异有关。

光合有效辐射给植物碳同化提供着能量, 是植物光合作用的光来源。自然条件下, 植物的光合能

表 1 4个核桃品种光合参数及环境因子相关性分析

Table 1 Correlation analysis between environment factors and photosynthetic parameters in four *Juglans regia* cultivars

核桃品种 Cultivar	指标 Item	PAR	T _a	P _n	G _s	T _r	WUE
鲁光 Luguang	PAR	1.000					
	T _a	0.511	1.000				
	P _n	0.811*	-0.707	1.000			
	G _s	0.028	-0.818*	0.908*	1.000		
	T _r	0.813*	0.161	0.394	0.429	1.000	
	WUE	-0.040	-0.766	0.932**	0.829*	0.145	1.000
扎 343 Zha343	PAR	1.000					
	T _a	0.511	1.000				
	P _n	0.884*	-0.771	1.000			
	G _s	-0.056	-0.859*	0.925**	1.000		
	T _r	0.795	0.032	0.458	0.476	1.000	
	WUE	-0.149	-0.848*	0.926**	0.870*	0.221	1.000
强特勒 Qiangtele	PAR	1.000					
	T _a	0.511	1.000				
	P _n	0.826*	-0.921**	1.000			
	G _s	-0.236	-0.917**	0.936**	1.000		
	T _r	0.652	-0.145	0.320	0.487	1.000	
	WUE	-0.452	-0.861*	0.922**	0.788	-0.029	1.000
中林 5 号 Zhonglin5	PAR	1.000					
	T _a	0.511	1.000				
	P _n	0.725*	-0.837*	1.000			
	G _s	-0.399	-0.828*	0.852*	1.000		
	T _r	0.742	0.197	-0.099	0.136	1.000	
	WUE	-0.372	-0.686	0.848*	0.497	-0.496	1.000

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上相关性显著。

Note: * and ** show significant correlation at 0.05 and 0.01 level, respectively.

力与光照强度之间存在正相关。有研究表明,当光合有效辐射在一天中处于较低值时,净光合速率会随着光合有效辐射的升高而增加^[11-12]。本研究中,4个核桃品种净光合速率与光合有效辐射均存在显著正相关,但4个品种的净光合速率与光合有效辐射的相关系数不同。

植物叶片的光合能力不仅受自身遗传特性的影响,而且还受外部环境因子的影响^[13]。本研究发现,净光合速率与气孔导度、水分利用效率、光合有效辐射均存在显著正相关($P < 0.05$)。因此,影响4个核桃品种的净光合速率日变化的主要因子可能是气孔导度、光合有效辐射和水分利用效率。总之,在核桃管理中不仅要注重水肥的管理,更不能忽视对核桃的整形修剪,从而保证植株采光及通风,通过综合措施减少光合午休的时间,提高光合效应。

参考文献

- [1] 郝荣庭,张毅萍. 中国核桃[M]. 北京:中国林业出版社,1992:12-19.
- [2] 周朝彬,宋于洋,王炳举,等. 干旱胁迫对胡杨光合和叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北林学院学报,2009,24(4):5-9.
- [3] 王红霞,张志华,王文江,等. 田间条件下核桃光合特性的研究[J]. 华北农学报,2007,22(2):125-128.
- [4] 刘鹏,刘庆忠,赵红军,等. 核桃光合作用特性的初步研究[J]. 落叶果树,2003,35(4):1-3.
- [5] 贺奇,王贵,常月梅,等. 旱实核桃光合特性的初步研究[J]. 山西农业大学学报,2010,30(3):197-199.
- [6] 刘飞虎. 植物品种净光合速率测定的取样技术——以苧麻(*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.)为例[J]. 云南大学学报,2010,32(2):221-226.
- [7] Miller P, Li X P, Niyogit K K. Non-photochemical quenching. A response to excess light energy[J]. Plant Physiol-

- gy,2001,125(4):1558-1566.
- [8] 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.
- [9] 张文标,金则新,柯世省,等. 木荷光合特性日变化及其与环境因子相关性分析[J]. 广西植物,2006,26(5):492-498.
- [10] 柯世省,陈模舜. 紫荆光合日变化及其与环境因子的关系[J]. 天津师范大学学报(自然科学版),2004,24(3):30-33.
- [11] Hoyaux J, Moureaux C, Tourneur D, *et al.* Extrapolating gross primary productivity from leaf to canopy scale in a winter wheat crop[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*,2008,148(4):668-679.
- [12] 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.
- [13] 王红霞,张志华,王文江,等. 河北核桃(*Juglans hopeiensis* Hu)光合特性的研究[J]. 园艺学报,2005,32(3):392-396.

Diurnal changes of photosynthetic characters of four *Juglans regia* cultivars

ZONG Jian-wei^{1,2}, YANG Yu-hua¹, YANG Feng-ling¹,

LIANG Ya-hong¹, LIU Du-ling², ZHU Hai-lan²

(1. College of Natural Resources and Environment Sciences, Key Laboratory Ecological Restoration Hilly,

Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China;

2. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Diurnal changes of photosynthetic characteristics in four *Juglans regia* cultivars were studied by LI-6400 portable photosynthesis analyzer for a theoretical basis of higher-yield, higher-quality and standardized production. The results showed that the diurnal changes of Pn in the four cultivars, all exhibited double peak curve and significant “lunch break” phenomenon at 14:00; Photoinhibition of Qiangtele and Zhonglin5 occurred earlier than Luguang and Zha343. There was a significant positive correlation between Pn and PAR of four cultivars in *Juglans regia*, however, their correlation coefficient was different, correlation coefficient descending order: Zha343>Qiangtele>Luguang>Zhonglin5

Key words: net photosynthetic rate; transpiration rate; stomatal conductance; water use efficiency

Corresponding author: YANG Yu-hua E-mail: yzdx2003@163.com

2013 年第 3 期《草业科学》审稿专家

安沙舟	包爱科	曹翠玲	陈本建	陈先江	郭正刚	侯扶江	胡小文	江海东
李东华	李金花	李彦忠	刘金荣	刘兴元	马伟强	孟 林	牛俊义	孙玉诚
万怡震	王晓娟	王训民	王志伟	徐炳成	杨惠敏	杨允菲	姚 拓	于应文
袁明龙	张德罡	张兴旭	周长芳					

承蒙以上专家对《草业科学》期刊稿件的审阅,特此表示衷心的感谢!