

文章编号: 1001-1498(2002)02-0432-05

香椿幼树光合作用及其影响因子研究

张玉洁

(河南省林业技术推广站,河南 郑州 450008)

摘要: 香椿叶片光合速率季节性变化为双峰曲线,最高峰出现在6月,次高峰出现在8月。日变化也呈双峰曲线,最高峰出现在9:30,次高峰出现在16:30,午间有明显的“午休”现象,叶片光合能力等非气孔因素是导致午休的主要原因。香椿光合作用的光饱和点为 $1\ 100\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,补偿点为 $53.9\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。光合作用最适温度为 $35.8\ ^\circ\text{C}$ 。

关键词: 香椿;光合特性;环境因子

中图分类号: Q945

文献标识码: A

香椿(*Toona sinensis* (A. Juss.) Roem.)是我国北方重要的用材树种和名贵木本蔬菜。近年来,人们对其生物学特性、栽培技术、设施栽培等进行了研究和总结。但有关香椿的光合作用特性及其影响因子的研究尚未见报道。树木光合特性的研究是探索树木生长力的基础,本研究旨在通过对香椿幼树光合特性及其影响因子的研究,为提高香椿木材和椿芽菜产量进行科学栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

试验在河南农业大学林学院园艺学院试验站进行。1995年春季播种(种子来源于河南省濮川县),冬季保留 $1\ 500\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$,常规管理。于1997年3月至9月底进行有关指标测定。平均幼树高4 m,胸径4 cm。

从5月中旬开始,每2周测定1次光合速率,到9月底结束。光合速率的日变化测定,从早上6:30开始,每2 h测定1次,18:30结束。

光合速率对光强的反应曲线通过用不同厚度的白纱布遮盖叶室,以改变光照强度测得。

选用枝条中部叶、连体方式进行测定,每叶重复测定5次,每时段测定4株幼树。

测定仪器为美国CID公司生产的CI-301型便携式 CO_2 气体分析仪,开放气路测定。

仪器自动记录净光合速率(P_n)、大气温度、叶片温度、叶室进气口相对湿度、大气 CO_2 浓度、细胞间隙 CO_2 浓度、光合有效辐射(PAR)、气孔导度等。

所测得数据输入计算机进行统计模拟与计算,计算方法采用刘权^[1]、张贤珍^[2]、丁希泉^[3]、郎奎建^[4]和SPSS^[5]数据统计软件包。

收稿日期: 2001-11-18

基金项目: 河南农业大学与美国路易斯安娜州州立大学农业中心合作研究项目(970001)

作者简介: 张玉洁(1963-),女,河南南阳人,高级工程师。

2 结果与分析

2.1 光合速率季节性变化

图 1 表明,香椿叶片一年中 Pn 的季节性变化为双峰曲线,6 月中下旬和 8 月底 9 月初分别出现 2 次峰值,7 月中下旬出现低谷,但变化幅度不大,测定期间 Pn 平均值为 $5.083 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,最大值为 $6.350 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,最小值为 $4.340 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.2 光合速率的日变化

香椿光合速率随着环境因子的变化发生相应的变化。

如图 2 所示,在晴天条件下(7 月 17 日),香椿叶 Pn 日变化为不对称的双峰曲线。从日出开始,Pn 快速上升,至 9:30 出现第 1 个峰值,也是一天中的最大值。此后逐渐下降,于 14:30 出现午间最低值,亦即“午休”。以后逐步回升,16:30 出现一天中的第 2 次峰值,Pn 日变化有明显的“午休”现象。而阴天条件下,Pn 的日变化为单峰曲线,最大值出现在 11:30。

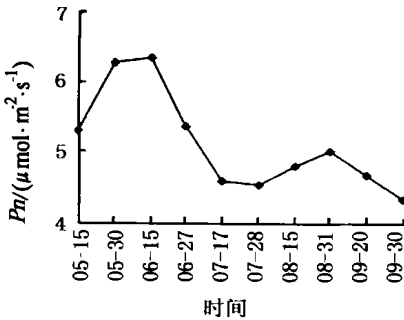


图 1 香椿光合速率季节性变化

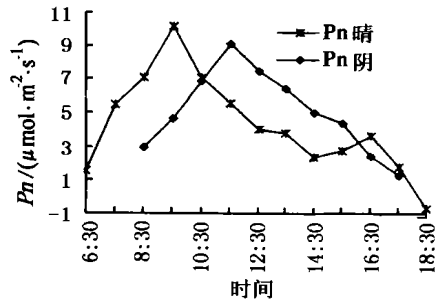


图 2 香椿光合速率日变化

2.3 光合速率日变化与影响因子间的关系

自然条件下香椿 Pn 日变化与影响因子的关系如图 3-8 所示。测定的 6 个影响因子可分为两类,一类是环境因子如 PAR、气温、大气相对湿度、CO₂ 浓度。一类是叶片自身的因子如气孔导度和细胞间 CO₂ 浓度。前者有其固有的日变化规律,后者则受前者的影响,再进一步影响光合速率的变化。

2.3.1 光照强度与 Pn 间关系 由图 3 可见,光照强度的变化为单峰型,峰值出现在 14:30 前后。9:30 以前光强快速增大,同时 Pn 也直线上升,两者呈显著正相关。此后,光强逐步升高,而 Pn 则持续下降,当光强出现峰值时,Pn 则出现午间低谷值,即“午休”。午后光照强度慢慢降低,Pn 则又有所上升,于 16:30 出现一天中的第 2 个峰值。这表明午间的强光是诱导午休出现的一个原因。

进一步对光照强度与 Pn 间的关系进行了研究,结果如图 4。

由图 4 可以看出,光强为 0 时,Pn 为负值,当光强为 $53.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,Pn 为 0,说明香椿的光补偿点为 $53.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,随着光强的增加,Pn 逐渐增大,当光强增至 $1100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,Pn 最大,以后随着光强的增加,Pn 维持在一定的水平,说明其光饱和点约为 $1100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。光照强度 - 光合作用响应曲线方程为:

$$Pn = 0.02623x_2 - 1.19025 \times 10^{-5}x_2^2 - 1.3788 \quad (R^2 = 0.9697)$$

2.3.2 温湿度与 P_n 间的关系 从图4可以看出,气温和相对湿度日变化为单峰型,但相对湿度的变化方向与气温正相反。在午间,当相对湿度出现一天中的最低值、气温出现一天中的最高值时, P_n 表现出“午休”。说明午间高温和低湿是造成香椿午休的原因之一。

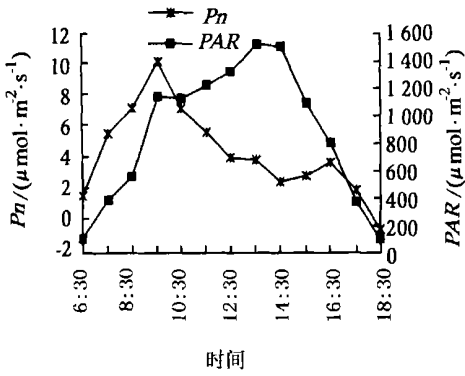


图3 P_n 与光照强度间的关系

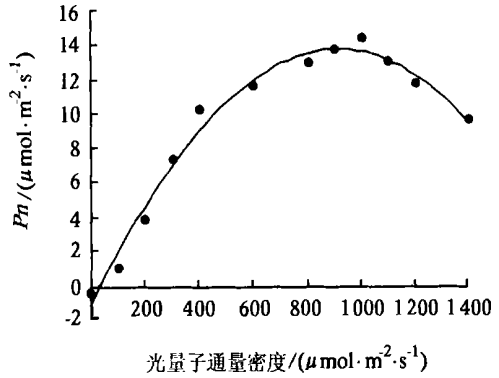


图4 P_n 与光量子通量密度响应曲线

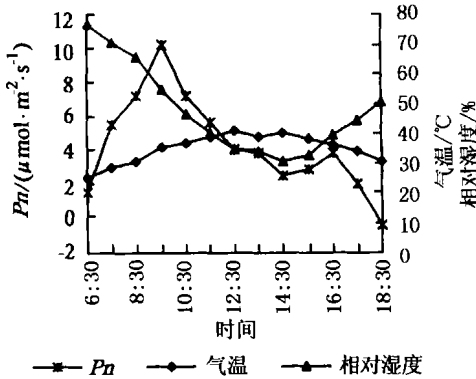


图5 P_n 与气温、相对湿度间的关系

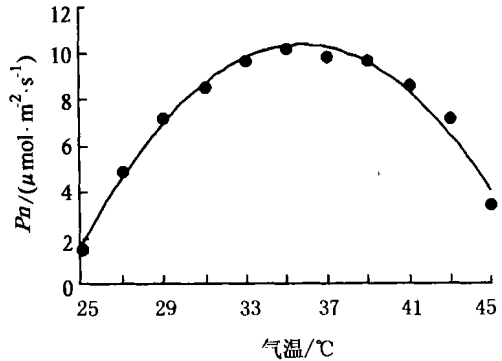


图6 P_n 对温度响应曲线

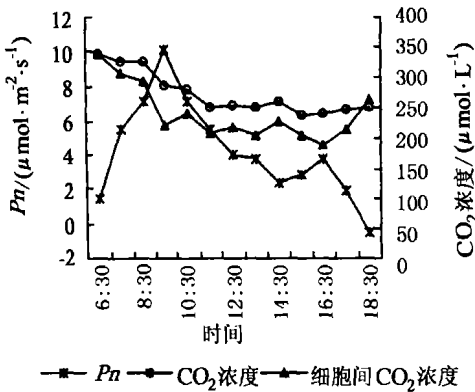


图7 P_n 与大气中和细胞间 CO_2 浓度间的关系

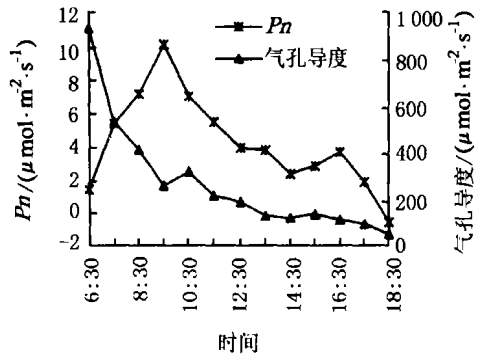


图8 P_n 与气孔导度间的关系

气温 - 光合作用响应曲线呈抛物线型,如图 6。曲线回归方程为:

$$P_n = 5.3314 x_1 - 0.0744 x_1^2 - 85.0393 \quad (R^2 = 0.9825)$$

在气温为 35.8 时, P_n 最大,高于或低于此温度 P_n 均会快速下降,这表明香椿光合作用的最适温度为 35.8。

2.3.3 CO_2 浓度与 P_n 间的关系 从图 7 可以看出,大气中 CO_2 以早上最高,随着植物光合作用的进行而逐步降低,下午则相反。但在午间 P_n 出现午休时,大气中 CO_2 有一短暂的上升,说明测定群体中的多数个体出现了“午休”,同化 CO_2 量减少。细胞间 CO_2 浓度变化与大气中 CO_2 变化规律相似。同样在植物午休时,细胞间 CO_2 浓度有所上升。这表明进入香椿叶内的 CO_2 没有及时被叶肉细胞固定,而在细胞间形成了积累。进一步说明“午休”并不完全是由于气孔关闭,进入叶内 CO_2 量减少而造成的,而是由叶肉细胞的光合能力等非气孔因素所致。

2.3.4 气孔导度与 P_n 间的关系 由图 8 可见,香椿叶片气孔导度在日出时最高,此后急速下降。从 8:30 后,气孔导度仅为早上最大值的 1/10 - 1/30,且呈下降趋势,这表明 P_n 与气孔导度的变化不同步。值得注意的是当午间 P_n 出现午休时,气孔导度也为低谷值。这表明气孔关闭亦与 P_n “午休”的产生有关。

P_n 与这些影响因子间的简单相关分析发现,相关系数均没有达到显著水平,但以这 6 个因子为自变量建立的多元线性回归方程的复相关系数为 $R^2 = 0.9539$,方程为:

$$P_n = -49.1345 + 0.9112 x_1 + 0.0015 x_2 + 0.4631 x_3 + 0.0526 x_4 - 0.0054 x_5 - 0.0597 x_6$$

经 F 检验达到 0.01 极显著水平。式中 x_1 为气温, x_2 为 PAR, x_3 为相对湿度, x_4 为 CO_2 浓度, x_5 为气孔导度, x_6 为细胞间 CO_2 浓度。

由此说明 P_n 的日变化是上述因素共同作用的结果。

3 结论与讨论

一年中随着季节的变化,香椿光合速率的变化呈现出双峰型。春季植株开始生长,到 6 月中下旬达到生长高峰;到 9 月底,气温降低,生长条件逐渐不适,再加上叶片的衰老,光合能力的下降, P_n 亦逐步变小。在 7 月中旬前后出现低谷,与对银杏 (*Ginkgo biloba* L.)^[6]、苹果 (*Malus pumila* Mill.)^[7]、中华猕猴桃 (*Actinidia chinensis* Planch.)^[8]、阿月浑子 (*Pistacia vera* L.)^[9] 的研究结果一致。

香椿光合作用日变化为双峰曲线,表现出明显的“午休”现象。这与午间的光照强度、温度和湿度有密切的关系,许大全等^[10]认为一些植物的午休是由于太阳辐射增强、气孔关闭等导致 P_n 降低,进而出现“午休”。本研究发现香椿的气孔导度与 P_n 变化不同步,这说明香椿的日变化表现出非气孔调节现象。 P_n 出现午休时,气孔导度也为午间的最低值,说明气孔与 P_n “午休”的产生有一定的关系。按照 Farquhar 和 Sharkeyr 的观点,判断气孔关闭是不是光合降低的原因,最重要的依据是细胞间隙 CO_2 浓度是否也同时降低。气孔与非气孔限制的界限是细胞间 CO_2 浓度的变化方向,而不是气孔限制值与非气孔限制值的相对大小^[11]。午间伴随着香椿叶 P_n 的下降,细胞间 CO_2 浓度有所上升,表明香椿的“午休”是由叶片内部的光合能力等非气孔因素造成。

香椿的光饱和点为 $1100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,高于桃 (*Amygdalus persica* L.) ($760 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

s^{-1})、苹果($798 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、葡萄(*Vitis vinifera* L.) ($570 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、柑桔(*Citrus reticulata* Blanco) ($760 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)^[12]、银杏($1\ 062.2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)^[6],是典型的喜光树种。香椿的光补偿点为 $53.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$,高于银杏($33.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)^[6]、桃($49.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、柑桔($24.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)^[12]等经济树种,表明香椿的耐阴性较差,在设施栽培中如何改善其光照条件将十分重要。

在其它环境条件适宜的情况下,香椿光合作用的最适温度为 35.8 。

参考文献:

- [1] 刘 权,马宝昆,曲泽洲. 果树试验设计与统计[M]. 北京:中国林业出版社,1992
- [2] 张贤珍等. BASIC 语言农业统计计算程度[M]. 北京:农业出版社,1990. 186—189
- [3] 丁希泉,郑秀梅. 农业实用回归分析[M]. 吉林:吉林科学技术出版社,1989
- [4] 郎奎建,唐守正. IBM PC 系列程序集[M]. 北京:中国林业出版社,1989
- [5] 卢改岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京:电子工业出版社,2000
- [6] 陶俊,陈鹏,余旭东. 银杏光合特性的研究[J]. 园艺学报,1999,26(3):157—160
- [7] 牟云官,李宪利. 几种落叶果树光合特性的探索[J]. 园艺学报,1986,13(3):158—162
- [8] 刘旭峰,樊秀芳. 猕猴桃幼树光合特性的研究[J]. 园艺学报,1993,20(4):329—333
- [9] 路丙社,白志英,董 源,等. 阿月浑子光合特性及其影响因子的研究[J]. 园艺学报,1999,26(5):287—290
- [10] 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化[J]. 植物生理学通讯,1990,26(6):5—10
- [11] 许大全. 气孔的不均匀关闭与光合作用的非气孔限制[J]. 植物生理学通讯,1995,31(4):246—252
- [12] 束怀瑞. 果树栽培生理学[M]. 北京:农业出版社,1993

A Study on Photosynthesis of *Toona sinensis* and the Effect of Environmental Factors

ZHANG Yurjie

(Forestry Technique Extension Station of Henan Province, Zhengzhou 450008, Henan, China)

Abstract: The photosynthesis of *Toona sinensis* and the effect of environmental factors were studied. The results show that the curve of seasonal variation of *T. sinensis* shows two peaks, which appear in June and August. The diurnal net photosynthesis rate varies with double peak curve. The first occurs at 9:30 and the second at 16:30 respectively. There is a significant midday depression. Non-stomatal factors like the ability of leaf are the main causes of the pause. The light compensation point and light saturation point of *T. sinensis* leaves are $53.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and $1\ 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectively. The optimal temperature for photosynthesis of *T. sinensis* leaves is 35.8 .

Key words: *Toona sinensis*; photosynthetic characteristic; environmental factor