

The Comparison of the Diurnal Variation of Photosynthesis of *Euscaphis konishii* Hayata

Juan Liu*, Qu Du, Shuping Tu#

College of Landscape and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi
Email: 2457074884@qq.com, #jxtsping@163.com

Received: Aug. 20th, 2019; accepted: Sep. 9th, 2019; published: Sep. 16th, 2019

Abstract

In order to study the photosynthetic characteristics of different families, the single plant with high light efficiency was selected. The diurnal variation of photosynthesis in leaves of 2-year-old seedlings of 7 families of *Euscaphis konishii* Hayata in Jianou City, Fujian Province was measured and analyzed by Li-6400 portable photosynthetic analyzer. The results showed that the net photosynthetic rate of 7 families of *Euscaphis konishii* Hayata showed a "single peak" curve, and no obvious photosynthetic "lunch break" phenomenon, and reached the peak value of the day around 12:00. The daily average value of net photosynthetic rate was FJ-JO-027, and the daily average water use efficiency was FJ-JO-027. The results showed that FJ-JO-027 was a good family with high light efficiency and water use efficiency. The net photosynthetic rate of different *Euscaphis konishii* Hayata families was positively correlated with stomatal conductance, transpiration rate and water use efficiency. Correlation coefficients were 0.878, 0.890 and 0.937. The net photosynthetic rate was negatively correlated with intercellular carbon dioxide. Correlation coefficients were -0.942. The results showed that stomatal conductance of different families was not the main factor affecting net photosynthetic rate.

Keywords

Euscaphis konishii Hayata, Family, Photosynthetic Characteristics, Water Use Efficiency

圆齿野鸦椿光合特性日变化的比较

刘娟*, 杜曲, 涂淑萍#

江西农业大学园林与艺术学院, 江西 南昌
Email: 2457074884@qq.com, #jxtsping@163.com

收稿日期: 2019年8月20日; 录用日期: 2019年9月9日; 发布日期: 2019年9月16日

*第一作者。

#通讯作者。

摘要

为了解不同家系圆齿野鸦椿的光合特性，以筛选出具有高光效的优良单株。采用Li-6400便携式光合测定仪对福建建瓯圆齿野鸦椿7个家系的2年生苗木叶片光合作用日变化进行了测定分析。结果表明：7个家系圆齿野鸦椿的净光合速率均呈“单峰”曲线，无明显的光合“午休”现象，在12:00时左右达到一天中的高值。净光合速率日均值以FJ-JO-027最大，日均水分利用效率亦以FJ-JO-027最高。表明FJ-JO-027是具有高光效、高水分利用效率的圆齿野鸦椿优良家系。不同家系圆齿野鸦椿的净光合速率与气孔导度、蒸腾速率及水分利用效率之间均呈极显著的正相关性，相关系数R值分别为0.878, 0.890和0.937；与胞间二氧化碳浓度呈极显著的负相关性($R = -0.942$)；不同家系圆齿野鸦椿的气孔导度不是影响净光合速率的主要因素。

关键词

圆齿野鸦椿，家系，光合特性，水分利用率

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

光合作用是绿色植物吸收和利用光能、水分和二氧化碳，制造有机物并释放氧气的过程[1]，是植物有机质合成、能量贮存与转化的基础[2]。近年来，高光效育种越来越受到研究者的关注[3]。

圆齿野鸦椿(*Euscaphis konishii* Hayata)是省沽油科野鸦椿属的常绿小乔木，中国特有树种[4]。因其果实成熟后肉质果皮反卷露出鲜红色的内果皮以及黑色油亮的种子，观赏价值极高，其观赏期可长达7个月左右，是优良的观果树种，可用作行道树、庭荫树或矮化盆栽供室内观赏[5]，深受人们的喜爱。目前，对圆齿野鸦椿的研究主要集中于种苗繁育[6] [7] [8]、生态生物学特征[9]、抗逆性[10] [11]等方面，但对其光合特性的研究甚少。本试验旨在比较不同家系圆齿野鸦椿的光合特性，以期筛选出高光效的优良家系供生产上推广应用。

2. 材料与方

2.1. 试验地概况

本试验地点设置于江西农业大学校内花卉盆景基地，位于东经115°49'48"，北纬28°45'34"，属亚热带季风湿润气候，雨水及光照充足[12]。年平均降雨量1600~1700 mm，年平均气温17℃~17.7℃，极端条件下，最高温度40.9℃，最低温度-15.2℃。试验苗摆放在在透光度50%的遮荫棚下进行养护。

2.2. 试验材料

以福建建瓯野生圆齿野鸦椿7个单株家系的二年生容器苗为试验材料。7个家系母树基本情况见表1。

试验苗木栽植在14 cm × 16 cm的软质塑料盆中，栽培基质按体积比为园土6份：泥炭2份：河沙2份混合而成。

Table 1. Basic information of mother trees of 7 test families
表 1. 7 个试验家系采种母树基本情况

编号 number	地点 place	纬度 N North latitude	经度 E East longitude	海拔/Maltitude
FJ-JO-001	小桥镇洽沥村 Qiali village, Xiaoqiao town	26°59'43"	118°29'36"	245
FJ-JO-004	小桥镇洽沥村 Qiali village, Xiaoqiao town	26°59'43"	118°29'36"	245
FJ-JO-008	小桥镇洽沥村 Qiali village, Xiaoqiao town	26°59'47"	118°29'43"	277
FJ-JO-014	东游镇马鞍村 Maan village, Dongyou town	27°07'16"	118°34'00"	179
FJ-JO-016	东游镇马鞍村 Maan village, Dongyou town	27°07'16"	118°34'00"	179
FJ-JO-024	房道镇万木林村 Wan mu lin village, Fang dao town	27°03'07"	118°08'41"	263
FJ-JO-027	房道镇万木林村 Wan mu lin village, Fang dao town	27°02'57"	118°08'34"	267

2.3. 试验方法

采用 Li-6400 便携式光合测定仪测定各家系圆齿野鸦椿苗木光合特性的日变化。每个家系选取 3 株长势良好的植株，在每个单株上选取中上部位生长较好的枝条自顶端向下数第 4 枚复叶的中间叶进行测定，在 8:00~19:00 之间，每 2 h 测定一次净光合速率(Pn)，同时导出气孔导度(Gs)、胞间二氧化碳浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)，重复 3 次，求平均值。测定时间为 2017 年 8 月。

2.4. 数据统计与分析

试验数据采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 统计软件进行数据统计分析。指标的计算：

水分利用效率(WUE)的计算方法[13]：

$$WUE = Pn/Tr \quad (1)$$

公式(1)中：Pn 为净光合速率，Tr 为蒸腾速率

3. 结果分析

3.1. 不同家系圆齿野鸦椿二年生苗净光合速率(Pn)日变化

植物净光合速率日变化的规律可作为分析植物生长限制因素的依据之一[14]。净光合速率反应植物光合能力的大小，二者呈正相关性[15]。由图 1 可以看出，7 个家系圆齿野鸦椿二年生苗净光合速率日变化均呈“单峰型”，无明显的光合“午休”现象，在 12:00 左右净光合速率达到一天中的高值。7 个圆齿野鸦椿家系净光合速率的日均值表现为 FJ-JO-027 > FJ-JO-014 > FJ-JO-016 > FJ-JO-004 > FJ-JO-024 > FJ-JO-001 > FJ-JO-008，即福建建瓯种源内以 FJ-JO-027 家系的光合作用最强。

3.2. 不同家系圆齿野鸦椿二年生苗气孔导度(Gs)日变化

气孔导度表示气孔张开的程度，它影响植物光合作用，控制着叶片内外气体交换的速率[16]。一般而言，气孔导度越大，进入细胞中的二氧化碳则越多。由图 2 可以看出，除 FJ-JO-024 在 8:00 时左右的气

孔导度最大, 之后至 10:00 时左右气孔导度快速下降以外, 其它家系均呈先增后减的趋势, 气孔导度到达最大值的时间分别在 12:00 时或 14:00 时左右; 与净光合速率最大值出现的时间基本一致或稍有延后。

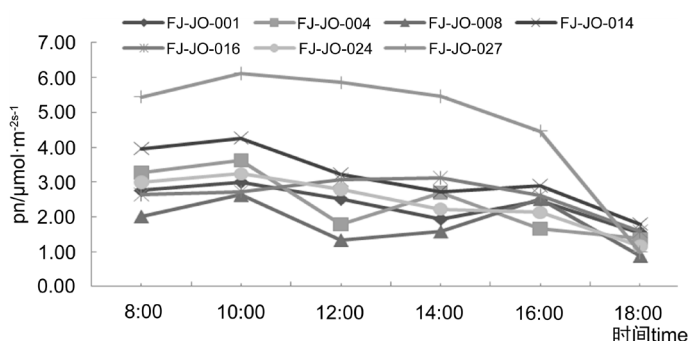


Figure 1. Diurnal variation of net photosynthetic rate of *Euscaphis konishii* Hayata from different families
图 1. 不同家系圆齿野鸦椿的净光合速率日变化

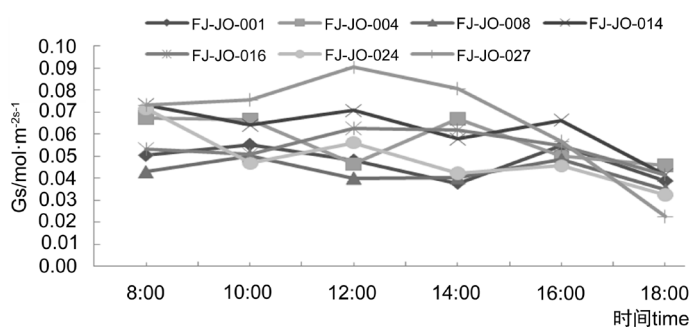


Figure 2. Diurnal variation of stomatal conductance of *Euscaphis konishii* Hayata from different families
图 2. 不同家系圆齿野鸦椿气孔导度的日变化

3.3. 不同家系圆齿野鸦椿胞间 CO₂ 浓度(Ci)的日变化

胞间 CO₂ 浓度是光合生理指标中常用参数之一, 它的变化值是确定光合速率变化的主要原因[17]。由图 3 可以看出, 不同家系圆齿野鸦椿二年生苗的胞间 CO₂ 浓度日变化曲线呈现“W”型趋势, 整体为上升态势。不同家系胞间 CO₂ 浓度最小值出现时间不同, 其中 FJ-JO-014、FJ-JO-024 与 FJ-JO-027 家系胞间 CO₂ 浓度最小值出现在 10:00 左右, FJ-JO-001、FJ-JO-004 家系胞间 CO₂ 浓度最小值出现在 12:00 左右, FJ-JO-08、FJ-JO-016 家系胞间 CO₂ 浓度最小值出现在 14:00 左右。

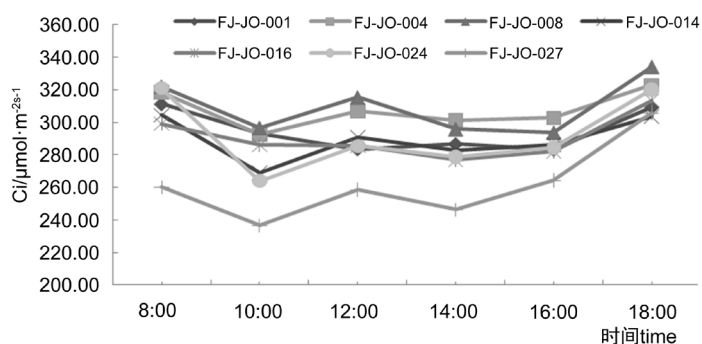


Figure 3. Diurnal variation of intercellular CO₂ concentration in *Euscaphis konishii* Hayata from different families
图 3. 不同家系圆齿野鸦椿胞间 CO₂ 浓度日变化

3.4. 不同家系圆齿野鸦椿蒸腾速率(T_r)日变化

蒸腾速率是指植物在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量,可以反映植物蒸腾作用的强度[18]。由图 4 可以看出,不同家系间的蒸腾速率日变化趋势均为先增后减,上午随着气温的上升,植物的蒸腾作用明显增强。FJ-JO-004、FJ-JO-016、FJ-JO-027 蒸腾速率最大值出现在 14:00 时左右,FJ-JO-001、FJ-JO-008、FJ-JO-014、FJ-JO-024 蒸腾速率最大值出现在 16:00 时左右。之后,随着气温的逐渐降低,蒸腾速率随之下降。

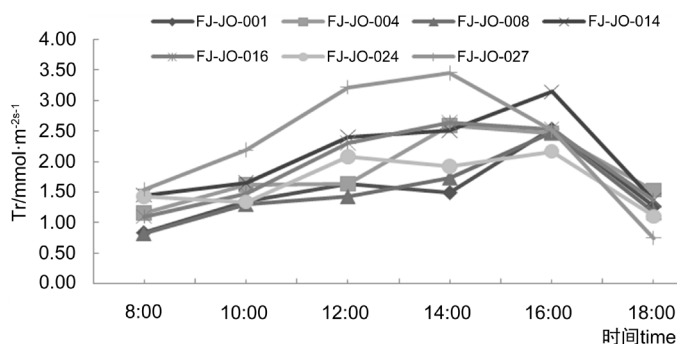
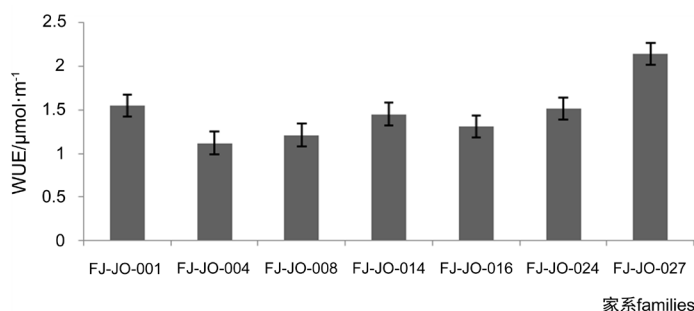


Figure 4. Diurnal variation of transpiration rate of *Euscaphis konishii* Hayata from different families
图 4. 不同家系圆齿野鸦椿的蒸腾速率日变化值

3.5. 不同家系圆齿野鸦椿叶片水分利用效率(WUE)日均值

水分利用效率(WUE)能够反映植物光合速率以及植物蒸腾特性的综合指标,反映植物的水分利用状况和抗旱性能[18]。由图 5 可看出,7 个家系的圆齿野鸦椿叶片日均水分利用效率存在较明显的差异。日均水分利用效率变化范围在 $1.12 \mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$ ~ $2.14 \mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$ 之间,7 个圆齿野鸦椿家系的日均水分利用效率表现为 FJ-JO-027 > FJ-JO-001 > FJ-JO-024 > FJ-JO-014 > FJ-JO-016 > FJ-JO-008 > FJ-JO-004, 表明 FJ-JO-027 叶片日均水分利用效率最高。该家系具备选育优良品种的潜力。



注: 图中误差线为标准误。

Figure 5. The daily mean value of leaf wue of *Euscaphis konishii* Hayata of different families
图 5. 不同家系圆齿野鸦叶片水分利用效率日均值

3.6. 不同家系圆齿野鸦椿光合参数相关性分析

由表 2 可知,净光合速率与气孔导度、蒸腾速率及水分利用效率之间均呈极显著的正相关性,相关系数 R 值分别为 0.878、0.890 和 0.937,与胞间二氧化碳浓度呈极显著的负相关性($R = -0.942$);气孔导度与蒸腾速率呈极显著的正相关性($R = 0.980$);胞间二氧化碳浓度和蒸腾速率之间呈显著负相关性($R = -0.768$),与水分利用效率呈极显著的负相关性($R = 0.950$)。

Table 2. Correlation analysis of photosynthetic parameters in different families of *Euscaphis konishii*
表 2. 不同家系圆齿野鸦椿光合参数间的相关性分析

指标 Index	净光合速率 Pn	气孔导度 Gs	胞间二氧化碳浓度 Ci	蒸腾速率 Tr
净光合速率 Pn	1	-	-	-
气孔导度 Gs	0.878**	1	-	-
胞间二氧化碳浓度 Ci	-0.942**	-0.722	1	-
蒸腾速率 Tr	0.890**	0.980**	-0.768*	1
水分利用效率 WUE	0.937**	0.688	-0.950**	0.684

注: *表示在 0.05 水平上显著相关, **表示在 0.01 水平上显著相关。

4. 结论与讨论

本试验结果表明, 7 个家系圆齿野鸦椿的净光合速率均呈“单峰”曲线, 无明显的光合“午休”现象, 在 12:00 时左右达到一天中的高数值, 这与许方宏(2009)的研究结果一致[9]。净光合速率日均值以 FJ-JO-027 最大, 表明该家系光合作用最强; 日均水分利用效率亦以 FJ-JO-027 最高。说明 FJ-JO-027 是具有高光效、高水分利用效率的圆齿野鸦椿优良家系。

在正常生理状态下, 若空气中的 CO₂ 浓度基本不变, 则胞间 CO₂ 浓度(Ci)主要由气孔导度(Gs)和净光合速率(Pn)决定, 当气孔导度是影响净光合速率变化的主要因素时, 净光合速率与胞间 CO₂ 浓度呈正相关关系, 当气孔导度不是影响净光合速率的主要因素时, 胞间 CO₂ 浓度与净光合速率呈负相关关系[19]。本试验结果表明: 净光合速率与气孔导度之间呈极显著正相关性, 与胞间 CO₂ 浓度之间呈显著负相关性, 因此, 不同家系圆齿野鸦椿的气孔导度不是影响净光合速率的主要因素, 这与钟诚(2016)的试验结果一致[20]。本试验还发现: 净光合速率与气孔导度、蒸腾速率及水分利用率之间均呈极显著正相关性; 水分利用率与胞间 CO₂ 浓度之间呈极显著负相关性。说明不同家系圆齿野鸦椿的净光合速率的升高消耗了细胞间的 CO₂ 使胞间 CO₂ 浓度下降; 气孔导度下降后, 由于呼吸作用植物体产生的 CO₂ 增多, 胞间 CO₂ 浓度自然升高; 而早上胞间 CO₂ 浓度较高, 说明早上细胞本身呼吸作用以及较低的光合速率导致胞间 CO₂ 累积较多[21]。

基金项目

江西省林业厅科技创新专项资金项目(201402, 201812)。

参考文献

- [1] 蒋冬月, 钱永强, 费英杰, 等. 柳属植物光合——光响应曲线模型拟合[J]. 核农学报, 2015, 29(1): 169-177.
- [2] 黄雅丽, 梁士楚, 韦宇静, 等. 巨尾桉与黧蒴栲、红锥光响应曲线的比较研究[J]. 广西科学院学报, 2014, 30(4): 222-228.
- [3] 王旭军, 潘百红, 程勇, 吴际友. 红桉不同种源光合特性的比较[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(6): 37-42.
- [4] 张晓华, 陈泽明, 梁文贤, 等. 圆齿野鸦椿新品种“红宝石”[J]. 园艺学报, 2019, 46(2): 403-404.
- [5] 康文娟, 马晓蒙, 涂淑萍, 等. 喷施多效唑对圆齿野鸦椿苗木抗旱性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2014, 36(6): 1310-1315.
- [6] 梁文英. 圆齿野鸦椿播种育苗技术[J]. 福建林学院学报, 2010, 30(1): 73-76.
- [7] 欧斌, 李远章. 圆齿野鸦椿种子预处理和苗木生长规律及育苗技术研究[J]. 江西林业科技, 2006, 3(8): 16-18.
- [8] 涂淑萍, 曹蕾, 喻苏琴. 圆齿野鸦椿芽继代增殖的影响因素[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(28): 13487-13513.

- [9] 许方宏, 张倩媚, 王俊, 等. 圆齿野鸦椿 *Euscaphis konishii* Hayata 的生态生物学特性[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1): 306-309.
- [10] 支丽燕, 胡松竹, 余林, 等. 涝渍胁迫对圆齿野鸦椿苗期生长及其叶片生理的影响[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(2): 279-282.
- [11] 马晓蒙. 植物生长调节剂对圆齿野鸦椿苗木生长以及抗旱生理的影响[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西农业大学, 2012.
- [12] 于志民, 刘玮, 邓志平, 等. 不同类型及规格育苗容器对猴樟 1 年生苗生长的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(12): 2118-2123.
- [13] 何茜, 李吉跃, 沈应柏, 等. 毛白杨杂种无性系叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 差异与气体交换参数[J]. 植物生态学报, 2010, 34(2): 144-150.
- [14] 申文辉, 李志辉, 彭玉华, 等. 格木不同种源光合作用光响应分析研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(6): 13-18.
- [15] 秦伦. 影响光合作用中气孔导度的因素探秘[J]. 中学生物教学, 2018(24): 56-57.
- [16] 陈根云, 陈娟, 许大全. 关于净光合速率和胞间 CO_2 浓度关系的思考[J]. 植物生理学通讯, 2010, 46(1): 64-66.
- [17] 王辉, 李小艳, 云菲, 等. 烟草光合 - 蒸腾速率日变化估算模型研究[J]. 南昌: 江西农业学报, 2018, 30(3): 78-82.
- [18] 于庆福, 董胜君, 余海滨, 等. 不同地理种源引种山杏光合生理生态特性研究[J]. 北方园艺, 2014(17): 24-28.
- [19] 黄建华. 浅析胞间 CO_2 浓度的影响因素[J]. 生物学教学, 2013, 38(11): 51-52.
- [20] 钟诚, 曹蕾, 贺婷, 等. 氮磷钾配比施肥对圆齿野鸦椿光合特性的影响[C]//张启翔. 中国观赏园艺研究进展 2016. 北京: 中国林业出版社, 2016: 304-308.
- [21] 杨佳伟. 不同种源闽楠的光合生理特性研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南林业科技大学, 2017.