

核桃杂交后代光合生理优势研究

周兰英¹, 蒲光兰¹, 肖前刚²

(1. 四川农业大学 林学院园艺学院, 四川 雅安 625014; 2. 成都市林业科学研究所, 四川 成都 610000)

摘要: 利用 LI-6400P 光合作用测定仪对杂交子代、杂交母本和新疆核桃净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、水分利用效率(WUE)、胞间 CO_2 浓度(C_i)及气孔导度($Cond$)进行测定, 其中杂交母本为云新 7914, 是云南薄壳核桃×新疆核桃的种间杂种, 父本为四川选出的铁核桃优树。杂交子代 P_n 极显著高于杂交母本和新疆核桃, C_i 极显著低于母本和新疆核桃, 表明杂交子代具有更强的固定大气 CO_2 能力, 比新疆核桃和母本光合效率更高, 更具有丰产潜能。杂交子代 WUE 极显著高于杂交母本和新疆核桃, 从日均值来看, 杂交子代(1.20) > 实生苗新疆核桃(0.83) > 杂交母本(0.61), 消耗等量的水分, 杂交子代实生苗比母本和新疆核桃实生苗能固定更多数量的 CO_2 , 能更有效地利用土壤水分, 具有更强的抗旱性潜能, 杂种优势明显。

关键词: 核桃; 光合生理; 杂种优势

中图分类号: S 664.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)10-0041-04

核桃仁富含不饱和脂肪酸、蛋白质、钙、磷、铁、锌、镁等, 具有很高的营养价值和保健作用^[1], 近年鲜果价格达 12~14 元/kg, 市场前景看好。目前研究多集中在栽培技术措施上, 对核桃光合生理研究很少。在核桃属(*Juglans*)中, 仅见高志华等^[2]、刘鹏等^[3]对普通核桃(*J. regia*), 王红霞等^[4]对河北核桃(*J. hopeiensis*)光合特性变化规律进行过报道; 兰彦平和李雪英^[5]对普通核桃光合特性与坐果率的关系进行了探讨。这些研究均未涉及我国南方广为栽培的铁核桃(*J. sigillata*)。杂交是改良核桃品质、实现早实丰产的有效途径, 国内开展此项工作多年, 已培育出一些优良品种^[6-10]。但迄今为止, 国内外对核桃杂种后代光合生理研究尚未见报道。该研究旨在通过相关生理指标的测定与分析, 探讨核桃杂种优势的表现形式与程度, 为杂种后代的早期选择、缩短育种周期提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

分别以杂交母本、杂交子代和新疆核桃为样本进行测定。杂交母本为云新 7914, 引自云南, 是云南薄壳核桃×新疆核桃的 7 a 生杂交种, 前者属铁核桃(*J. sigillata*)种群, 后者属普通核桃(*J. regia*)种群; 父本是四川各地选出的铁核桃优树; 子代为 3 a 生实生苗; 新疆核桃是与杂交子代同龄的实生苗。株行距 5 m×5 m。

第一作者简介: 周兰英(1960-), 女, 硕士生导师, 现从事林木遗传育种教学和研究工作。E-mail: kelin1234@sina.com。

基金项目: 四川省林业科技先导计划资助项目(研究 03-05)。

收稿日期: 2009-05-16

试验在成都青白江区姚渡镇核桃杂交育种研究基地进行。姚渡镇居成都市东北部, 龙泉山脉西侧, 海拔 480 m, 年平均温度 16.5℃, 年降水量 900 mm; 年日照时数 1 298.2 h, 属亚热带气候, 夏季多雨, 气候温和湿润。

1.2 试验方法

2007 年 7 月上旬选择长势中等的母本植物、新疆核桃和杂交子代, 在树冠外围分别选取东西南北 4 个方向的健康功能叶, 用便携式 LI-6400 光合作用测定仪进行光合日变化测定。测定时间为上午 9:00 至下午 18:00, 每 1 h 测定 1 次。测定指标包括净光合速率(P_n , $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (CO_2)), 蒸腾速率(T_r , $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (H_2O)), 气孔导度($Cond$, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (H_2O)), 胞间 CO_2 浓度(C_i , $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (CO_2))等, 计算水分利用效率(WUE), $WUE = P_n / T_r$ 。数据采用 Excel 2003 处理, 用 SPSS13.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 方差分析

在各样本间, 除气孔导度差异显著外, 其余 4 个指标差异均达极显著, 表明不同核桃样本光合生理特性确有明显差别。测定数据方差分析结果见表 1。

表 1 方差分析

| 变异来源 Source | P_n | T_r | $Cond$ | C_i | WUE |
|-------------------|----------|----------|--------|----------|----------|
| 样本 Sample | 42.28 | 14.84 | 0.010 | 80 228.3 | 3.57 |
| 机误 Residual error | 1.30 | 0.35 | 0.002 | 2 461.81 | 0.10 |
| F 值 | 32.59 ** | 42.53 ** | 3.45 * | 34.03 ** | 35.70 ** |

注: *表示 0.05 显著水平; **表示 0.01 显著水平。

经多重比较 3 个样本间, 净光合速率、水分利用效率差异达极显著; 蒸腾速率差异显著; 气孔导度杂交子

代与新疆核桃差异显著; 胞间 CO_2 浓度子代与其余 2 样本差异极显著, 详见表 2。

表 2 多重比较结果

| Table 2 | The multiple comparisons | | | | |
|----------------------|--------------------------|---------|--------|-----------|--------|
| | P_n | Tr | $Cond$ | C_i | WUE |
| 杂交子代 Hybrids | 5.36A | 3.98c B | 0.14b | 270.31b B | 1.20 A |
| 新疆核桃 Xinjiang walnut | 4.19B | 5.16a A | 0.17a | 346.75a A | 0.83 B |
| 杂交母本 Female parent | 3.31C | 4.30b B | 0.16ab | 354.48a A | 0.61 C |

2.2 净光合速率

3 个样本净光合速率 (P_n) 日变化均呈单峰型, 没有明显的午休现象, 与高志华等^[2] 的观测结论一致, 但与刘鹏等^[3] 的不同。在上午 10:00 时杂交早实子代和母本净光合速率达到最高, 而新疆核桃实生苗净光合速率在 11:00 时达到最高, 以后光合速率呈下降趋势, 14:00 时降到最低, 16 时略有回升, 详见图 1。

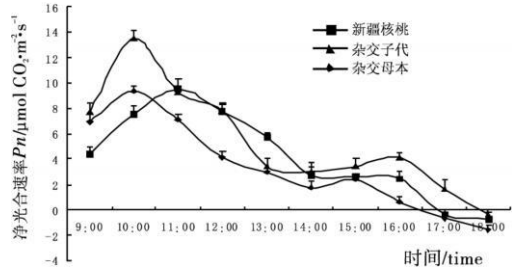


图 1 净光合速率日变化

Fig. 1 The daily changes comparison of net photosynthetic rate

从图 1 可见, 杂交子代实生苗净光合速率明显高于母本和新疆核桃, 表明杂交子代具有更强的固定大气 CO_2 能力; 与前两者相比, 新疆核桃需要更高的气温和光强时, 净光合速率才能较高。随后均呈下降趋势, 16:30 时, 母本核桃净光合速率为 0, 表明光合强度与呼吸强度相当。超过 16:30 后, $P_n < 0$, 表明此后光合强度 $<$ 呼吸强度。从日均值来看, P_n 值依次为: 杂交子代实生苗 ($5.36 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{CO}_2)$) $>$ 新疆实生苗 ($4.19 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{CO}_2)$) $>$ 母本 ($3.31 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{CO}_2)$)。表明杂交子代实生苗比新疆核桃实生苗和母本光合效率更高, 因此更具有丰产潜能。

2.3 蒸腾速率日变化规律

不同核桃的蒸腾速率日变化明显, 中午 11:00 时母本蒸腾速率最高, 达 $7.4 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$ 、12:00 时新疆核桃实生苗和杂交子代实生苗达最高, 分别达 $10.4 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$ 和 $6.6 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$, 14:00 蒸腾速率较高, 早晨和傍晚较低; 就日平均值而言, 新疆核桃 ($5.16 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$) $>$ 母本 ($4.30 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$) $>$ 杂交子代 ($3.98 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} (\text{H}_2\text{O})$)。表明在相同环境下, 母本与新疆核桃比杂交子代需要消耗更多的水分, 在干旱胁迫环境下, 可能比杂交子代更容易受到伤害, 同时表明, 杂交子代的抗旱性潜能明显高

于前两者。

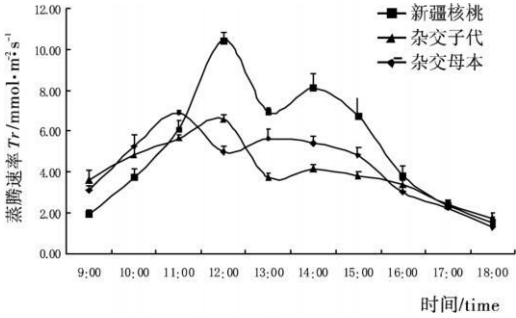


图 2 蒸腾速率日变化

Fig. 2 The daily changes comparison of transpiration rate

2.4 气孔导度日变化规律

气孔导度 ($Cond$) 指水汽通过气孔的强度。杂交子代气孔导度日变化总体呈下降趋势 (图 3), 杂交母本和新疆核桃先有所上升, 然后呈下降趋势, 与相应的 P_n 日变化规律类似, 最大值与最小值相差甚大。但母本与新疆核桃和杂交子代差异均不显著, 仅杂交子代与新疆核桃差异达 0.05 显著水平。

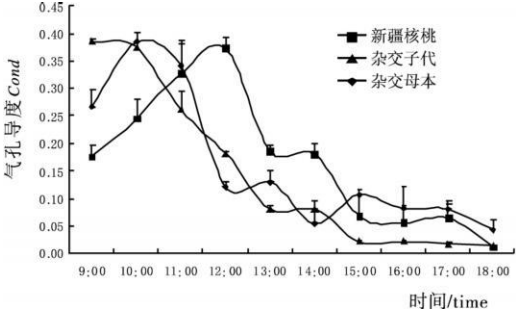


图 3 气孔导度日变化

Fig. 3 The daily changes comparison of stomatal conductance

$Cond$ 日变化与 P_n 日变化趋势大致相同, 说明气孔开张程度直接影响光合效率, 二者呈极显著正相关, 相关系数达 0.963。

2.5 胞间 CO_2 浓度日变化规律

胞间 CO_2 浓度 (C_i) 呈现出先下降后上升的趋势 (图 4), 早晨和傍晚 C_i 值较高。杂交子代实生苗和新疆核桃实生苗波谷均在下午 16:00, 其值分别为 $33.7 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} (\text{CO}_2)$ 和 $234.8 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} (\text{CO}_2)$; 母本波谷在下午 14:00, C_i 值为 $220.5 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1} (\text{CO}_2)$; 就胞间 CO_2 浓度日均值来看, 杂交子代实生苗 C_i 值最低 (270.31), 极显著低于新疆核桃 (346.75) 和杂交母本 (354.48), 表明杂交子代苗固定 CO_2 较多, 引起 C_i 值的降低。

2.6 水分利用效率日变化规律

通常将植物消耗单位数量的水分所生产的干物质质量定义为水分利用效率 (WUE), 生理意义上则定义为叶片净光合速率与蒸腾速率的比值, 它能准确反映植物叶片的瞬间或短期行为。

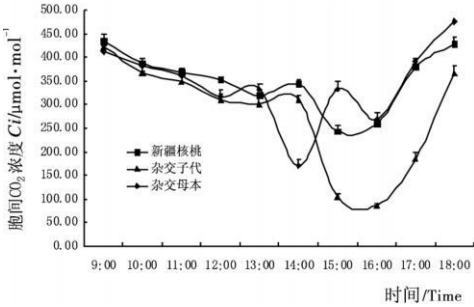


图4 核桃胞间CO₂浓度日变化规律

Fig.4 The daily changes comparison of intercellular CO₂ concentration

WUE 日变化呈现波浪式下降趋势,上午 10:00 时,母本和杂交子代实生苗 WUE 值最高,分别为 1.8、2.8;新疆核桃实生苗在早上 9:00 达最大值(2.3),之后总体呈下降趋势。表明新疆核桃 WUE 对光强和叶温的变化比母本和杂交子代实生苗敏感。从日均值来看,WUE 值依次为:杂交子代(1.20)>实生苗新疆核桃实生苗(0.83)>母本(0.61),可以看出,消耗等量的水分,杂交子代实生苗比母本和新疆核桃实生苗能固定更多数量的 CO₂,即能更有效地利用土壤水分。

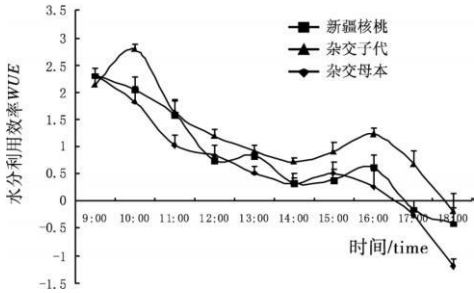


图5 核桃 WUE 日变化规律

Fig.5 The daily changes comparison of water use efficiency

3 讨论

3.1 子代杂种优势表现

光合效率是植物生长发育的基础和生产力高低的决定性因素。该研究中观测的杂交子代 4 个主要光合指标极显著优于新疆核桃和杂交母本,在光合生理上表现出极强的杂种优势,这种优势在生长中得到了证实。相同栽培条件和同等管理水平下,杂交子代苗期生长旺盛,生长速度明显高于同龄新疆核桃和杂交母本,详见表 3。

表3 观测样本生长速度

Table 3 The growth speed of samples

| | 高 High/cm | | | 地径 Trunk diameter/cm | | | 冠幅 Crown diameter/cm | | |
|-------|-----------|----------|--------|----------------------|----------|--------|----------------------|----------|---------|
| | 子代 | 新疆 | 母本 | 子代 | 新疆 | 母本 | 子代 | 新疆 | 母本 |
| | Hyb- | Xinjiang | Female | Hyb- | Xinjiang | Female | Hyb- | Xinjiang | Female |
| | rids | walnut | parent | rids | walnut | parent | rids | walnut | parent |
| 1 a 生 | 73 | 18 | 40 | 1.8 | 1.0 | 1.2 | 40×47 | 20×18 | 26×24 |
| 3 a 生 | 237 | 216 | 227 | 4.5 | 3.1 | 3.8 | 263×293 | 122×114 | 178×162 |

杂种优势在结实量上也有所表现。3 a 生杂交子代 100%结实,株结果 16~63 个,平均 45.5 个;同龄新疆核

桃结实单株仅 36.4%,株结果 12~56 个,平均 33.2 个,杂交子代初步表现出较强的丰产性。

3.2 杂交母本的杂种优势问题

试验中杂交母本自身就是新疆核桃与漾濞核桃的种间杂种,从理论上讲,应该具有一定的杂种优势,但从测定的光合指标来看并未表现出这种优势,在净光合速率、水分利用效率上都极显著低于其亲本之一的新疆核桃。而从现实状况来看,杂交母本却明显优于新疆核桃,引进 7 a 来不仅生长旺盛,且产量较高。新疆核桃虽有较高的净光合速率和水分利用效率,但引种后表现并不理想,在四川西部山地较干旱寒冷环境下两种生长失调,徒长明显,产量远不及当地品种;而在日照低、相对湿度大的四川盆地则病害严重,难以正常生长。这可能是杂交母本具有南方核桃的遗传背景,更能适应南方的气候土壤条件。从上述比较可知,虽然较高的净光合速率和水分利用效率往往意味着更高的生产潜力,可以作为选择的参考指标,但仅以光合指标来判断种、品种或个体的优劣并不可靠。此外,母本年龄与子代和新疆核桃不一致,这是否是影响光合指标的又一因素,尚需进一步研究。

3.3 杂交父本的影响

因杂交父本分散于四川各地,立地条件差异较大,且树体高大,操作不便,该研究未对其光合指标进行测定,父本间光合生理是否存在显著差异,对子代影响如何、光合生理与环境的交互等问题尚未涉及。对父本的系统研究不仅有助于杂交子代光合生理特性的遗传研究,对于亲本筛选和杂交组合的确定也具有一定的指导意义,因此父本光合生理特性应成为下一步的研究重点。

参考文献

[1] 张毅萍,朱丽华.核桃高产栽培[M].北京:金盾出版社,2005:1-3.
[2] 张志华,高仪,王文江,等.核桃光合特性的研究[J].园艺学报,1993,20(4):319-323.
[3] 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(4):1-3.
[4] 王红霞,张志华,王文江,等.河北核桃光合特性的研究[J].园艺学报,2005,32(3):392-396.
[5] 兰彦平,李雪英.核桃光合特性与座果率关系的研究[J].山西农业大学学报,1998,18(1):39-41.
[6] 赵廷松,方文亮,范志远,等.云南早实早熟杂交核桃新品种——云新90303号的选育[J].果树学报,2007,24(2):252-253.
[7] 徐颖,张美勇,邵秋玲,等.矮化核桃新品种‘岱香’[J].园艺学报,2005,32(3):563.
[8] 徐颖,张美勇,安国宁.早实核桃新品种——岱丰[J].园艺学报,2001,28(1):87.
[9] 范志远,习学良,方文亮,等.种间杂交 3 个优良早实核桃新品种的选育[J].浙江林学院学报,2005,22(5):518-523.
[10] 范志远,习学良.种间杂交选育的 5 个核桃早实新品系[J].湖南林业科技,2002,29(1):67.

番荔枝 DNA 的提取和 AFLP 体系的建立

赵志常¹, 胡桂兵², 刘运春², 欧阳若², 罗石荣³

(1. 四川大学 生命科学学院, 四川 成都 610065; 2. 华南农业大学 园艺学院 广东 广州 510642

3. 中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所, 海南 儋州 571737)

摘要:以 7 份番荔枝品种为试材, 通过对 DNA 的提取、酶切、连接、预扩增和选择性扩增等分析, 建立并研究番荔枝的 AFLP 分析体系, 以找出番荔枝品种间的亲缘关系, 为番荔枝的杂交育种的亲本选择和嫁接砧中砧穗选择提供理论基础。结果表明: 利用该体系对 7 份番荔枝的样品进行了分析, 可以获得清晰的条带, 表明所建立的体系可用于番荔枝 AFLP 分析。

关键词:番荔枝; DNA 提取; AFLP

中图分类号:S 667.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2009)10-0044-04

番荔枝原产于热带美洲, 约 17 世纪传入中国, 现在台湾、广东、广西、福建、云南、海南均有少量栽培。除中、南美洲外, 印度、马来西亚、菲律宾、泰国产量较多。番荔枝叶互生, 椭圆状披针形, 叶揉碎有特殊香味。聚合浆果黄绿色, 由多数圆形心皮和花托合生的肉质小果聚合而成, 球形或心脏形, 有许多鳞片突起, 形似荔枝, 因其来源于国外故称为番荔枝。番荔枝营养极丰富, 每

100 g 番荔枝果肉组织中含水为 8.36 g, 可溶性固形物 18%~26%, 脂肪 0.14%~0.3%, 矿物质 0.6%~0.7%, 碳水化合物 23.9%, 钙 0.2%, 磷 0.04%, 铁 1.0%, 有机酸 0.42%, 含总糖 15.3%~18.3%, 维生素 C 为 265 mg, 蛋白质含量为 1.55 g 等很多人体所需的物质。番荔枝果实具有养颜美容、补充体力、清洁血液、健强骨骼、预防坏血病、增强免疫力、抗癌作用。自古称为上等滋补品, 营养价值极高。

AFLP (Amplified fragment length polymorphism) 即扩增片段长度多态性, 是由荷兰科学家 VOS 等^[1] 创建发展起来的一种检测 DNA 分子多态性的方法。该技术是基于 PCR 选择扩增基因组 DNA 限制性酶切片段而检测多态性的一种 DNA 指纹技术, 它结合了 RAPD 的高效性和 RFLP 的稳定性、重复性好等特点。由于可采

第一作者简介:赵志常(1977-), 男, 在读博士, 现主要从事热带果树的遗传育种研究工作。E-mail: zhaozhichang2001@163.com。

通讯作者:欧阳若(1947-), 男, 海南万宁市人, 教授, 主要研究方向为果树遗传育种。

基金项目:海南省自然科学基金资助项目(80504)。

收稿日期:2009-05-16

Study on the Photosynthetic and Physiological Hybrid Vigor of Walnut

ZHOU Lan-ying¹, PU Guang-lan¹, XIAO Qian-gang²

(1. College of Forestry and Horticulture, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014, China; 2. Chengdu Institute of Forestry, Chengdu, Sichuan 610000, China)

Abstract: The photosynthetic and physiological characteristics of walnuts were measured with the Licor-6400 photosynthetic system, including net photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (Tr), water use efficiency (WUE), intercellular CO_2 concentration (C_i) and stomatal conductance ($Cond$) of hybrids, female parent Yunxin7914 and walnut from Xinjiang. The results showed that: the P_n of hybrid was higher than female parent and walnut from Xinjiang at the level of 1%, while the C_i was lower at the level of 1%, which indicated that the hybrid had stronger ability to assimilate CO_2 , was higher in photosynthetic rate and with high yields characters. The hybrid was higher than female parent and walnut from Xinjiang at the level of 1% in WUE , the order of mean was hybrid (1.20) > walnut from Xinjiang (0.83) > female parent (0.61). The hybrid can assimilate more CO_2 when consumed equal water, which has relatively higher water use efficiency than female parent and walnut from Xinjiang. All information above suggested that the hybrid has significant heterosis.

Key words: Walnut; Photosynthetic and physiological; Hybrid vigor