

## 2个品系木奶果幼苗叶绿素荧光参数日变化分析

Diurnal Variation of Chlorophyll Fluorescence Parameters of Two Strain of *Baccaurea ramiflora* Seedlings

陈秋香 陆仕元 黄剑坚\*

CHEN Qiu-xiang, LU Shi-yuan, HUANG Jian-jian\*

**摘要:** 为了给木奶果 *Baccaurea ramiflora* 幼苗的遮阴养护提供基础支撑, 以木奶果红皮和黄皮2个品系的盆栽幼苗作为试验材料, 置于室外和室内2种条件下, 测定其叶绿素荧光参数的日变化, 分析木奶果幼苗的光适应性。2个品系的最大光化学效率 ( $F_v/F_m$ )、PS II 实际光合效率 ( $Yield$ ) 和稳态光化学淬灭系数 ( $qP$ ) 的日变化趋势基本一致, 表现为在中午光照强度较高时数值较低, 在早上和傍晚光照强度较低时数值较高; 电子相对传递效率 ( $ETR$ ) 和非光化学淬灭系数 ( $NPQ$ ) 表现为在中午光照强度较高时数值较高, 在早上和傍晚光照强度较低时数值较低。在不同条件下黄皮品系的各项参数比红皮更优, 其光能利用率更高、热耗散更少和电子传递能力更强, 对环境的适应能力更强。

**关键词:** 木奶果幼苗; 光适应性; 叶绿素荧光参数; 遮阴养护

**中图分类号:** S688

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2641 (2023) 04-0091-03

**收稿日期:** 2022-06-25

**修回日期:** 2022-10-17

**Abstract:** In order to provide basic support for shade maintenance of *Baccaurea ramiflora* seedlings, this research used potted seedlings of the red-skinned and yellow-skinned strains of *Baccaurea ramiflora* as experimental materials, placed them in both outdoor and indoor conditions, and measured the diurnal variation of chlorophyll fluorescence parameters, to analyze the light adaptability of the seedlings. The diurnal variation trends of maximum photochemical efficiency ( $F_v/F_m$ ), actual photosynthetic efficiency ( $Yield$ ) of PS II and steady-state photochemical quenching coefficient ( $qP$ ) of the two strains were basically the same, showing lower values when the light intensity was higher at noon, and higher values when the light intensity was lower in the morning and evening. The relative electron transfer efficiency ( $ETR$ ) and the non-photochemical quenching coefficient ( $NPQ$ ) of the two showed higher values when the light intensity was high at noon, and lower values when the light intensity was lower in the morning and evening. The yellow-skinned strain was superior to the red-skinned in all parameters under different conditions, with higher light energy utilization efficiency, less heat dissipation and better electron transfer, and greater adaptability to the environment.

**Key words:** *Baccaurea ramiflora* seedlings; Photoadaptability; Chlorophyll fluorescence parameters; Shade maintenance

木奶果 *Baccaurea ramiflora* 为叶下珠科木奶果属常绿乔木, 别名有木赖果、蒜瓣果、麦穗等, 主要分布于马来西亚、印度、老挝和泰国以及我国西南部广西、广东、云南和海南等地区<sup>[1]</sup>。木奶果的树体优美, 具有热带雨林植物“老茎生花”现象, 果实着生于树干或老枝, 具多种颜色, 趣味性和观赏性强, 可作行道树。但是, 木奶果在幼苗期具有阴生植物的特性, 在中龄时期具有阳生树种的特性。在高光强或者重度遮阴的条件下, 木奶果幼苗的生长会受到一定的抑制<sup>[2]</sup>。对木奶果施加不同光照强度后, 它们叶片的形态和生理功能会产生不同的变化, 其中光照强度的变化对幼叶生成的影响最为显著<sup>[3]</sup>。不同品系木奶果苗木的光合生理特性确实存在差异<sup>[4]</sup>。

叶绿素荧光技术是一种以植物体内叶绿素为探针, 对植物无损害, 能够反映植物光合特性的新型诊断技术。它是通过分析各荧光参数, 来获取有关光合作用过程中光能利用途径的信息。利用叶绿素荧光技术可以分析各种胁迫环境对植物的影响, 且其与其他检测技术相比, 具有不破碎细胞、方便、快捷等特点, 因此在国内外受到广泛的应用。对不同品系的木奶果叶绿素荧光参数进行分析, 可便捷地选择出光能利用率高的品系。本实验以广西防城港市防城区那梭镇木奶果红皮和黄皮2个品系的幼苗为研究对象, 对其在室内和室外2种环境下的叶绿素荧光参数的日变化进行测定, 分析木奶果不同品系幼苗的光适应性, 为木奶果养护提供基础支撑。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验区概况

试验所在地广西防城港市防城区那梭镇 (108°12' E, 21°73' N, 海拔20 m) 属亚热带季风气候, 年降水量超过3 400 mm, 年平均气温为22℃。这里日照充实, 气候适宜, 雨水充裕, 终年无霜冻期。

#### 1.2 试验材料

选择那梭镇木奶果红皮和黄皮2个品系的幼苗作为试验材料, 采用盆栽的方法进行培育, 给予正常的水肥管理。将每个品系幼苗分成2个组, 每个组为5株, 分别置于室内和室外环境下进行处理。室外为无遮挡的育苗地野外环境, 室内为育苗地里的两侧无遮挡、有光亮的

屋内环境。

用于试验的红皮和黄皮品系幼苗的平均株高分别为0.53 m和0.56 m,取当地的土壤,使用高50 cm的黑色盆栽袋养护了1个月,生长状况良好。

### 1.3 试验方法

2022年3月21日当地为晴,最高气温28℃,最低气温24℃,西南风3级,相对湿度92%,紫外线中等。于8:30—9:30、11:30—12:30、14:30—15:30、17:30—18:30四个时间段,使用2台便携式叶绿素荧光仪-PAM-2500同时测定室内和室外幼苗叶片的叶绿素荧光参数,每个组随机选取3株,然后在每株选择3片受光一致、生长状况良好的叶片,对其叶绿素荧光参数进行测量,重复测3次,取平均值。获取参数的具体操作为:首先将叶片提前进行暗适应30 min后,直接测得PS II(光系统II)最大光化学效率( $F_v/F_m$ ),接着打开光化光对叶片进行照射15 s,测定各正常照光条件下的PS II实际光合效率或实际光化学量子效率( $Yield$ )、电子相对传递速率( $ETR$ )、光化学淬灭系数( $qP$ )和非光化学淬灭系数( $NPQ$ )的数值。

### 1.4 数据记录与分析

用SPSS统计分析软件对数据进行处理和分析,用Origin软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 $F_v/F_m$ 比较

$F_v/F_m$ 是检测植物光合特性的重要指标,是较常用的叶绿素荧光参数,在测定前需要将待测叶片进行暗适应30 min。 $F_v/F_m$ 可反映植株在逆境胁迫下的光抑制情况<sup>[5]</sup>,其值愈高,则表明植株的光能转换效率更高<sup>[6]</sup>。

试验结果(图1)显示,在9:00—18:00,2个品系的 $F_v/F_m$ 在室内和室外环境条件下均出现了先下降后上升的趋势。12:00的 $F_v/F_m$ 明显降低,主要因为中午光照强度较高,PS II光化学活性显著下降,叶片受到光抑制的程度高;而在早晨和晚间光照强度较低, $F_v/F_m$ 的值较大。通过比较发现,2个品系的 $F_v/F_m$ 数值也呈现明显的差异,黄皮的 $F_v/F_m$ 数值在室内和室外全天皆高于红皮的值,说明黄皮品系在不同光强下受到光抑制的程度较低,其PS II的活性较高,光能转化效率更高。

### 2.2 $Yield$ 比较

$Yield$ 代表了叶片在PS II反应中心部分闭合时真实的原初光能捕获效率<sup>[7]</sup>,从数值上可以判断出叶片的光合电子传递速率。 $Yield$ 的数值愈大,则说明植株PS II的活化程度愈高,对光能的转化速率愈高,可为光合作用的碳同化过程积累更多所需的能量<sup>[8]</sup>。

试验结果(图2)显示,在室内和室外环境条件下,2个品系的 $Yield$ 均出现了先下降后上升的趋势,主要因为中午12:00光照强度较高,叶片受到了较为严重的光

抑制, $Yield$ 出现明显下降;而早晨和晚间光照强度较低,叶片受到光抑制较弱, $Yield$ 的数值较大。同时通过对比,两个品系的 $Yield$ 数值也呈现明显的差异,黄皮的 $Yield$ 数值在全天皆高于红皮的值,说明黄皮品系具有更好的光合潜能和更高的光能利用率,在光合作用的过程中积累的有机物更多。

### 2.3 $qP$ 比较

$qP$ 表示植物PS II捕获的光能转换成化学能的效率,值越大,表示PS II电子传递的效率和光合效率越高<sup>[9-10]</sup>。

试验结果(图3)显示,在室内和室外环境条件下,2个品系的 $qP$ 值均呈现先下降后上升的趋势,12:00的 $qP$ 值最低,主要因为中午光照强度和温度较高,植物PS II吸收的光能用于光合作用的比例较低,大部分光能以热耗散的形式被释放。同时通过比较发现,在室内和室外环境条件下2个品系的 $qP$ 数值呈现明显的差异,黄皮的 $qP$ 数值在全天皆高于红皮的值,说明黄皮PS II的电子转移能力更强,PS II激发能量的捕获效率更高,光合效率更高。

### 2.4 $NPQ$ 比较

$NPQ$ 表示PS II天然色素吸收的光能中不用于光合作用,而是以热的形式进行耗散的部分,其反映植物在高强度光照下对其自身的保护能力<sup>[11]</sup>。

试验结果(图4)显示,在室内和室外环境条件下,2个品系的 $NPQ$ 值均呈现先上升后下降的趋势。在早晨和晚间的 $NPQ$ 值较低,主要原因为光照强度和温度较低时,植物吸收的光能被最大限度用于光合作用。在中午光照

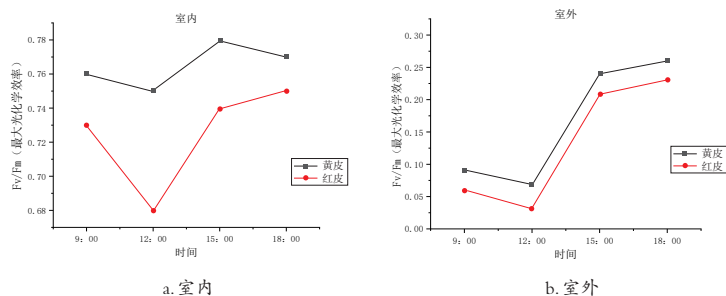


图1 2个品系幼苗在室内外的 $F_v/F_m$ 日变化

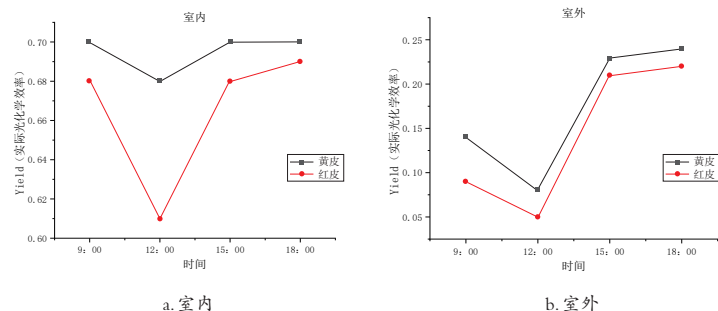


图2 2个品系幼苗在室内外的 $Yield$ 日变化

强度和温度较高的情况下,光能以热的形式散失的比例大,因此 $NPQ$ 的值较高。通过比较可知,在不同条件下2个品系的 $NPQ$ 数值也呈现明显差异,红皮的 $NPQ$ 数值在全天皆低于黄皮的值,说明其发生热耗散较少;黄皮在全天的 $NPQ$ 数值明显较大,说明其热耗散较多和自我保护能力较强。

## 2.5 ETR比较

$ETR$ 反映植物光合作用的电子传递效率的快慢,其数值随着光照强度的增加而增加,当光照强度达到饱和时, $ETR$ 的值便维持在一定的水平<sup>[12]</sup>。

试验结果(图5)显示,在室内和室外环境条件下,2个品系的 $ETR$ 均呈现先上升后下降的趋势,在12:00 $ETR$ 的值最高。这主要是因为中午光照强度较高,植物的光合电子传递速率随之较大;早晨和晚间的光照强度较低, $ETR$ 的数值较低,植物的光合电子传递速率随之较低。通过比较可知,在不同条件下2个品系的 $ETR$ 数值也呈现明显的差异,黄皮的 $ETR$ 数值在全天皆高于红皮的值,说明黄皮木奶果幼苗具有更高的光合电子传递效率。由此可推测黄皮品系的光饱和点高于红皮,黄皮品系的耐光抑制能力更强。

## 3 结论

本实验在室内和室外环境下对2个品系木奶果幼苗的叶绿素荧光参数日变化进行了研究,在不同环境条件下黄皮木奶果的 $F_v/F_m$ 、 $Yield$ 、 $NPQ$ 、 $qP$ 和 $ETR$ 在全天均高于红皮木奶果的值。试验结果表明,黄皮PS II的活性较高,其在不同的光胁迫环境下具备更高的耐受性,能将捕获的光能更多地转化为化学能,其光能转化效率较高,光合特性更强,因此更易于养护。该结论为木奶果的养护管理提供重要基础支撑。

单凭早期木奶果的生长特征难以进行不同品系的比较和选择。利用叶绿素荧光参数检测技术,对不同品系木奶果幼苗的叶绿素荧光的各项指标进行比较,可更为直接获知品系间的光合特性差异,进而更有利于品系选择或者进行养护管理。其是一种较理想和方便的研究手段。

注:图片均为作者自绘

## 参考文献:

- [1] 杨志强, 蒋婷, 何文, 等. 广西木奶果病虫害种类及为害情况[J]. 农业研究与应用, 2021, 34(5): 75-79.
- [2] 黄河腾, 黄剑坚, 陈杰, 等. 不同遮阴环境下木奶果幼苗生长与生理生化响应[J]. 生态学杂志, 2020, 39(5): 1538-1547.
- [3] 王博轶, 马洪军, 苏腾伟, 等. 两种热带雨林树苗对环境光强变化的生理响应和适应机制[J]. 植物生理学报, 2012, 48(3): 232-240.
- [4] 蒋娟娟, 罗培四, 赵静, 等. 6个品系木奶果光合生理特性分析[J]. 西南农业学报, 2021, 34(10): 2140-2144.
- [5] 王博轶, 王齐, 吴训锋, 等. 遮阴对景东翅子树幼苗光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 西部林业科学, 2022, 51(1): 22-28.
- [6] 徐崇志, 全绍文, 朱玲, 等. 不同核桃品种叶绿素荧光动力学参数比较研

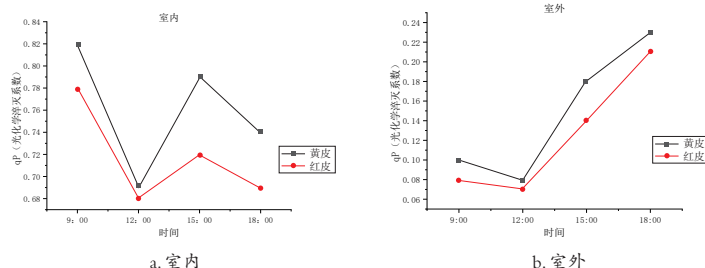


图3 2个品系幼苗在室内外的 $qP$ 日变化

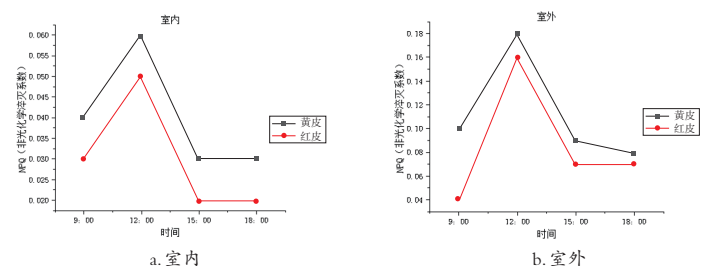


图4 2个品系幼苗在室内外的 $NPQ$ 日变化

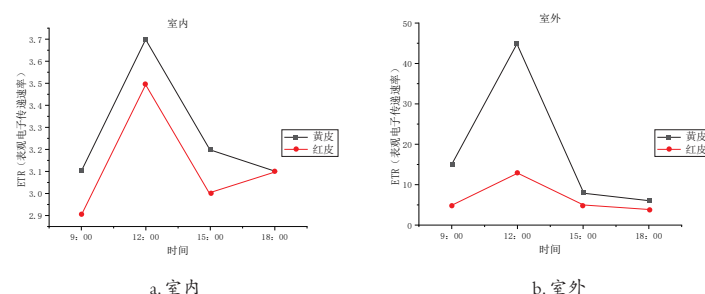


图5 2个品系幼苗在室内外的 $ETR$ 日变化

究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(7): 6-12.

[7] 张雅梅, 茹广欣, 肖梦雨, 等. 干旱胁迫对泡桐幼苗生长和叶绿素荧光参数的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(6): 22-30.

[8] 孙俊, 宋彩惠, 毛罕平, 等. 不同品种叶用莴苣叶绿素荧光参数比较[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(1): 117-119.

[9] 涂淑萍, 黄航, 杜曲, 等. 不同品种茶叶叶片光合特性与叶绿素荧光参数的比较[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(5): 1098-1106.

[10] 张凤娥, 张丽娟, 高东菊. 混合盐胁迫对2种铁线莲的叶片渗透调节及叶绿素荧光特性[J]. 东北林业大学学报, 2022, 50(5): 52-56, 62.

[11] 杨娟, 王有科, 李捷, 等. 不同枸杞品种叶绿素荧光参数差异分析[J]. 干旱区研究, 2014, 31(3): 550-555.

[12] 李焰焰, 张紫薇, 黄薇, 等. 马缨丹光合色素及叶绿素荧光参数分析[J]. 生物学杂志, 2022, 39(2): 29-33.

## 作者简介:

陈秋香/1985年生/女/广东广州人/本科/广州市林业和园林科学研究院(广州 510405)/风景园林施工工程师/从事园林绿化养护、天桥养护

陆仕元/1986年生/男/广东广州人/本科/广州普邦园林股份有限公司(广州 510600)/风景园林施工工程师/从事园林绿化施工养护

(\*通信作者) 黄剑坚/1981年生/男/广东清远人/博士/韩山师范学院(潮州 521041)/副教授/从事植物资源开发与保护研究/E-mail: 3668602@qq.com