

## 东魁与荸荠种杨梅叶片春季光合特性比较

程晓建<sup>1</sup>, 谷 镜<sup>2</sup>, 张 敏<sup>2</sup>, 王白坡<sup>2</sup>

(1. 浙江广播电视大学, 杭州 310012;

2. 浙江农林大学林业与生物技术学院, 杭州 311300)

**摘 要:** 春季田间条件下, 以浙江省主栽品种东魁和荸荠种杨梅为试材, 对其叶片光合特性、比叶重、叶绿素含量和碳水化合物含量等差异进行了比较研究。结果表明, 东魁和荸荠种杨梅叶片的净光合速率日变化均为双峰型曲线, 有明显的“午休”现象; 东魁杨梅净光合速率、水分利用率和气孔导度的日均值显著高于荸荠种杨梅, 而日平均蒸腾速率显著低于荸荠种杨梅; 午间光合速率和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度下降, 变化趋势一致, 气孔限制值升高, 表明光合速率午间降低主要是受气孔限制因素影响。东魁杨梅的叶绿素含量和叶绿素 a/b 略低于荸荠种杨梅, 但无显著差异, 而荸荠种杨梅叶片的比叶重、可溶性糖、还原糖和淀粉含量都明显高于东魁杨梅, 且差异显著。

**关键词:** 杨梅; 光合作用; 叶绿素; 比叶重; 可溶性糖

中图分类号: S662.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-0000-(2010)01-0106-04

### Comparison of leaf photosynthetic characteristics between two Chinese bayberry cultivars in spring season

CHENG Xiao-jian<sup>1</sup>, GU Jing<sup>2</sup>, ZHANG Min<sup>2</sup>, WANG Bai-po<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Radio & Television University, Hangzhou 310012;

2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300)

**Abstract:** Under the field conditions in spring season, diurnal changes in photosynthetic parameters, specific leaf dry weight, contents of chlorophyll and carbohydrate in leaves were compared between Dongkui and Biqi Chinese bayberry with Li-6400 photosynthetic instrument. The results showed that their diurnal changes of net photosynthetic rate ( $P_n$ ) exhibited dual-peak curves because of midday depression.  $P_n$ , water use efficiency ( $WUE$ ) and stomatal conductance ( $G_s$ ) of Dongkui cultivar were significantly higher than those of Biqi, but its transpiration rate ( $Tr$ ) was significantly lower. The increase in stomatal limitation ( $L_s$ ) and the decrease in intercellular CO<sub>2</sub> concentration ( $C_i$ ) accompanied a reduction of  $P_n$  at noon indicated that the depression of photosynthetic rate was mainly due to the stomatal limitations. The contents of chlorophyll and Chl (a/b) of Dongkui were slightly lower than those of Biqi. The specific leaf dry weight, contents of soluble sugar, reducing sugar and starch of Biqi cultivar were significantly higher than those of Dongkui cultivar.

**Key words:** Chinese bayberry; photosynthesis; chlorophyll; specific leaf dry weight; soluble sugar

杨梅(*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.)为我国特有的常绿果树, 经济栽培主要集中在浙江、福建、广东、四川、云南、贵州等南方省份, 因其具有适应性强、耐贫瘠、生长快、结果早、果实酸甜多汁且营养丰富等特点, 近年来在我国南方各省发展迅速<sup>[1-2]</sup>。目前, 推广面积最大的优质主栽品种是东魁和荸荠种杨梅, 通常前者枝条节间短, 树冠紧凑, 叶片大,

果实大, 但易出现大小年; 后者枝条节间长, 树冠较开张, 叶片小, 果实较小, 但丰产稳产<sup>[2]</sup>。果树产量与其光合特性有密切关系, 有关杨梅的光合特性研究较少<sup>[3-6]</sup>, 前人的研究大都集中在单一品种或盆栽条件下杨梅小苗的光合作用, 而对田间栽培条件下的研究尚不多见, 且未见有不同品种杨梅光合特性研究报道。为此, 作者以浙江省主栽品种东魁

收稿日期: 2010-04-20

基金项目: 国家科技成果转化重点项目(2006GB2C200113)和浙江省科学技术重大项目(021102537)共同资助。

作者简介: 程晓建, 男, 教授。E-mail: chengxj@zjtvu.edu.cn

和荸荠种杨梅为试材, 研究二者叶片在光合作用、比叶重、叶绿素、可溶性糖和淀粉含量等方面差异。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与材料

试验在浙江农林大学(原浙江林学院)东湖校区的杨梅园进行。园区地形为丘陵, 土质为沙壤土, 微酸性, 肥力中等, 园区的气候、管理条件均一致, 周围无遮挡物。供试品种为正常生长结果的 10 a 生东魁和荸荠种杨梅, 前一年结果量无显著差异, 选取长度为 15 cm 左右枝条基部的第 4~6 张功能叶进行测定。

### 1.2 叶片光合指标测定

试验于2008年4月15日至30日的晴天, 每隔5 d 用Li-6400型便携式光合作用仪进行光合测定, 共测定3次。每个品种各测定5株树, 选取位置一致的功能叶, 从上午7:00开始, 每隔2 h测定1次, 测试指标包括: 净光合速率( $P_n$ )、大气 $CO_2$ 浓度( $C_a$ )、光强( $PAR$ )、气孔导度( $G_s$ )、叶温( $T_l$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、胞间 $CO_2$ 浓度( $C_i$ )等, 以典型日测得的数据作为春季杨梅叶片的光合参数。为消除时间上的误差, 每次重

复测定时各品种间采用随机测定方法。计算水分利用率( $WUE$ )= $P_n/Tr$ , 气孔限制值( $L_s$ )= $1-C_i/C_a$ <sup>[7-8]</sup>。

### 1.3 比叶重测定

采集试验株的叶片, 用便携式手持叶面积仪 AM300测定叶面积, 用电子天平称量鲜重, 将叶片在105℃杀青15 min, 在80℃烘箱中烘干至恒重, 然后称重, 5次重复。计算比叶重=总叶干重(mg)/总叶面积(cm<sup>2</sup>)。

### 1.4 叶绿素含量测定

参照高俊凤的方法<sup>[9]</sup>。

### 1.5 叶片可溶性糖、还原糖和淀粉测定

参照邹琦的方法<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 东魁与荸荠种杨梅日平均光合作用特征参数的比较

从表 1 可以看出, 春季东魁杨梅的净光合速率、水分利用率和气孔导度的日均值显著高于荸荠种杨梅, 而日平均蒸腾速率显著低于荸荠种杨梅, 且差异显著; 二者的胞间  $CO_2$  浓度日均值无显著差异。

表 1 东魁与荸荠种杨梅日平均光合作用特征参数比较

Table 1 The comparison of  $P_n$ ,  $Tr$ ,  $G_s$  and  $C_i$  between Dongkui and Biqi Chinese bayberry

品种 Varieties	$P_n/\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$Tr/\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$G_s/\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$C_i/\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$	$WUE/\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$
东魁 Dongkui	3.22±0.10 <sup>a</sup>	1.19±0.06 <sup>b</sup>	0.046±0.000 6 <sup>a</sup>	273.9±9.8 <sup>a</sup>	4.59±1.29 <sup>a</sup>
荸荠 Biqi	2.96±0.25 <sup>b</sup>	1.26±0.13 <sup>a</sup>	0.044±0.001 2 <sup>b</sup>	273.3±7.4 <sup>a</sup>	4.08±0.77 <sup>b</sup>

注: 表中同列数值后不同字母表示差异达到显著水平  $P<0.05$ 。下同

Note: Values within a column followed by different letters indicated significant differences at  $P < 0.05$  level. The same below.

### 2.2 东魁与荸荠种杨梅叶片光合特性比较

由图1-A可以看出, 春季露地栽培的东魁和荸荠种杨梅的 $P_n$ 日变化均为中午降低的双峰曲线, 东魁杨梅 $P_n$ 日变化的最高峰出现在上午11:00, 而荸荠种杨梅的 $P_n$ 日变化出现最高峰的时间在上午9:00, 随着光强和气温的升高,  $P_n$ 逐渐下降, 二者均在13:00左右表现出明显的光合“午休”现象, 之后在15:00左右出现次高峰, 随后逐渐下降。在整个日变化进程中东魁杨梅总体 $P_n$ 值除7:00至9:00间低于荸荠种杨梅外, 其余时间均高。

从图 1-B、1-C 和 1-D 中可以看出, 2 种杨梅的胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 均呈先下降后上升的中午降低型曲线, 且变化趋势相对一致, 在上午 7:00  $C_i$  稍高, 于 13:00 处于低谷, 随后逐渐上升, 在一天中东魁的  $C_i$  日均值略高于荸荠种, 但无显著性差异; 2 种杨梅叶片的  $Tr$  日变化呈单峰型曲线, 在 7:00

时较低, 以后逐渐升高, 在 13:00 左右出现高峰, 后又降低, 整个过程中东魁的  $Tr$  日均值显著低于荸荠种; 东魁和荸荠种杨梅的气孔导度( $G_s$ )日变化与  $P_n$  日变化趋势相似, 均为双峰曲线, 并且峰值与谷值出现的时间也与净光合速率的基本相同, 但荸荠种杨梅的  $G_s$  日变化最高峰出现在上午 9:00, 比东魁杨梅早, 二者均在下午 13:00 左右出现低谷。

自然条件下, 东魁杨梅的净光合速率和水分利用效率都显著高于荸荠种杨梅。由于东魁杨梅的日平均蒸腾速率为  $1.19 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 显著低于荸荠种, 因此其生长所需的水分要少, 而且它具有较高的光合速率, 水分利用率也高, 因而在相同的光合产量下它是一个相对耗水低的高产品种。

### 2.3 东魁与荸荠种杨梅叶片叶绿素含量和比叶重的差异

从表2可以看出, 春季东魁杨梅的比叶重显著低

于荸荠种杨梅，品种间差异显著；荸荠种杨梅的总叶绿素含量及叶绿素a/b略高于东魁杨梅，但品种之

间无显著差异。

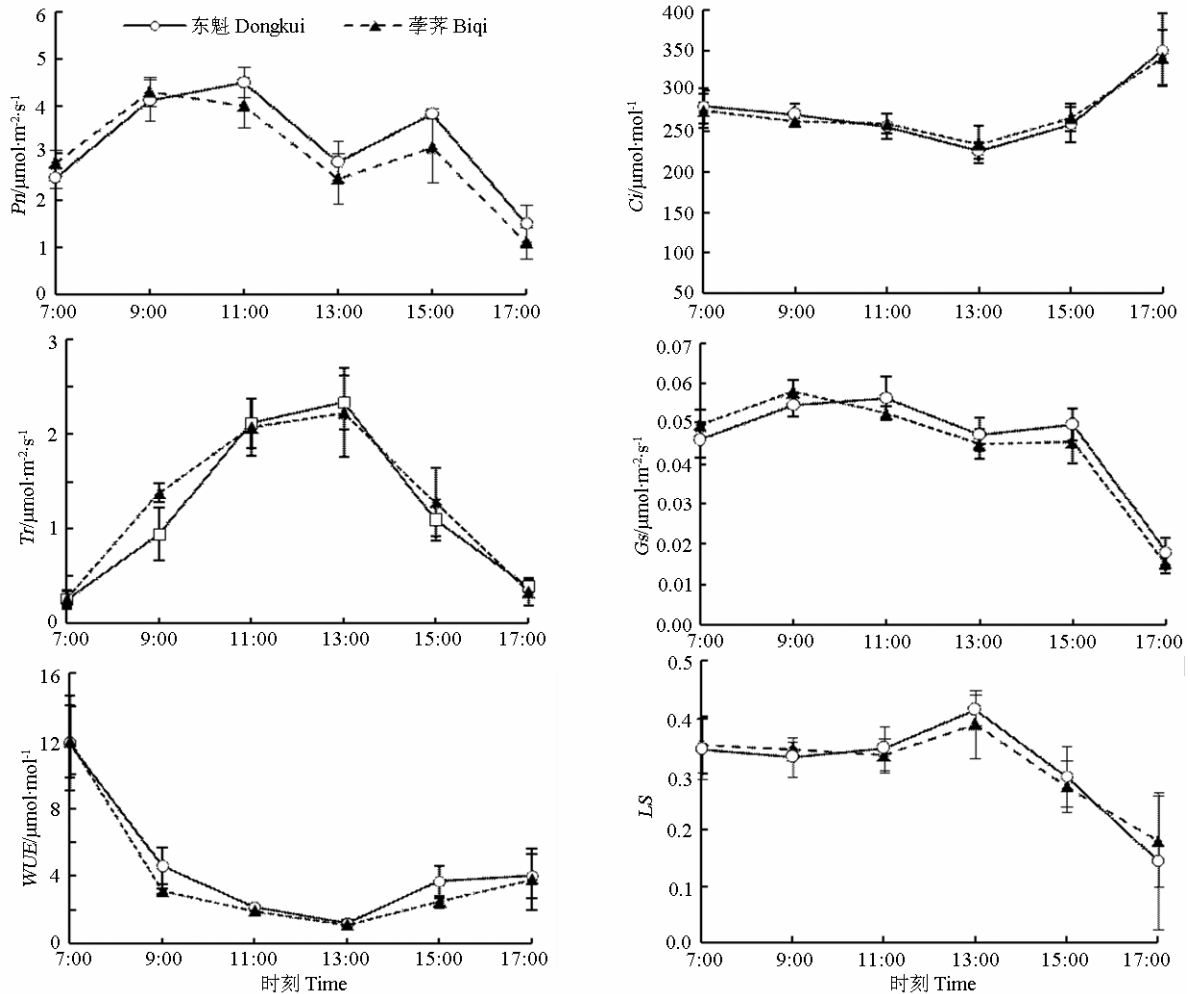


图 1 东魁与荸荠种杨梅叶片光合特性比较

Figure 1 The comparison of photosynthetic characteristics in leaves between Dongkui and Biqi Chinese bayberry varieties

表 2 东魁与荸荠种杨梅叶片叶绿素含量和比叶重差异  
Table 2 Contents of chlorophyll, leaf area and specific leaf weight of Dongkui and Biqi Chinese bayberry varieties

品种 Cultivar	比叶重 SDW /mg · cm <sup>-2</sup>	叶绿素(a+b) Chl(a+b) /mg · cm <sup>-2</sup>	叶绿素 a/b Chl a/b
东魁 Dongkui	11.44±0.12 <sup>b</sup>	1.810±0.138 <sup>a</sup>	2.417±0.075 <sup>a</sup>
荸荠 Biqi	13.55±0.27 <sup>a</sup>	1.824±0.306 <sup>a</sup>	2.469±0.070 <sup>a</sup>

表 3 东魁与荸荠种杨梅叶片可溶性糖、还原糖和淀粉含量  
Table 3 Contents of soluble sugar, reducing sugar and starch in leaves of Dongkui and Biqi Chinese bayberry varieties

品种 Cultivar	可溶性糖 Soluble sugar /mg · g <sup>-1</sup>	还原糖 Reducing sugar /mg · g <sup>-1</sup>	淀粉 Starch /mg · g <sup>-1</sup>
东魁 Dongkui	4.40±0.03 <sup>b</sup>	3.07±0.07 <sup>b</sup>	3.59±0.10 <sup>b</sup>
荸荠 Biqi	6.65±0.15 <sup>a</sup>	3.38±0.17 <sup>a</sup>	4.09±0.36 <sup>a</sup>

#### 2.4 东魁与荸荠种杨梅叶片可溶性糖、还原糖和淀粉含量比较

从表3可以看出，春季田间栽培下2个杨梅品种叶片中的可溶性糖、还原糖与淀粉均有大量积累，但积累量有较大差异，荸荠种杨梅的可溶性糖、还原糖和淀粉含量均显著高于东魁杨梅，差异均达到显著水平。

### 3 讨论

在田间晴天条件下，东魁和荸荠种杨梅的Pn日变化为不对称双峰曲线，与前人研究结果一致<sup>[3-6]</sup>，在日变化进程中东魁杨梅总体Pn值高于荸荠种，表现出较高的光合效能，这可能是东魁杨梅枝叶密生、生长旺盛的原因之一。本试验表明，在阳光充足的

春季,二者光合日进程均出现明显的“午休”现象。造成植物叶片净光合速率午间降低的自身因素有气孔限制因素和非气孔限制因素,当光合速率和胞间 $\text{CO}_2$ 浓度变化方向相同,如两者同时减小,且气孔限制值增大时,则认为光合速率下降的主要是气孔限制因素引起,否则归因于非气孔限制因素<sup>[11-12]</sup>。本试验中,二者的光合速率均在午间下降, $C_i$ 也下降,而 $L_s$ 增大,因此东魁和荸荠种杨梅的光合“午休”现象主要是由气孔因素引起,但有学者研究认为非气孔因素是限制荸荠种杨梅光合作用主要因素<sup>[5]</sup>,这可能与试验采用一年生盆栽幼苗,并在8月份测定有关。

本试验研究的2个品种之间的光合特性、水分利用率都有显著差异,东魁杨梅的净光速率和水分利用率日均值明显高于荸荠种杨梅,说明该品种光合生产力高,相同 $P_n$ 下耗水少,相对耐旱能力较强,可以在南方水分相对亏缺处种植,如山坡的上部或阳坡;而荸荠种杨梅的蒸腾速率明显高于东魁杨梅,需水量较大,因此在栽培过程中应选择水分较充足的中下坡种植,如在较干旱处必须保证充足的水分供给。

荸荠种杨梅叶片的叶绿素总量和叶绿素a/b与东魁无显著差异,荸荠种的略高,但荸荠种杨梅净光合速率日均值却较低,与前人关于叶绿素与光合速率关系成正相关的观点不一致<sup>[13-14]</sup>,这可能是在正常生长情况下杨梅不缺少光合作用所需的叶绿素,只有当叶绿素含量低于某一限制值后,含量的高低与净光合速率大小才有一定的相关性,至于限制值是多少,以及达至限制值前后净光合速率对其含量的响应情况还需进一步研究。东魁杨梅叶片比叶重明显低于荸荠种杨梅,差异显著,但品种的光合能力并不与比叶重成正相关,这种结果可能是比叶重仅反映光合作用产物的积累量,是日积月累的结果,而 $P_n$ 是短时、甚至瞬时值,是否也存在一个临界值还有待于进一步研究。

已有研究表明,植物叶片碳水化合物的积累会导致光合速率的下降<sup>[15]</sup>。本试验中荸荠种杨梅可溶性糖、还原糖、淀粉含量明显高于东魁杨梅,而其光合速率却明显低于东魁杨梅,这可能是荸荠种杨梅中片的可溶性糖和淀粉积累较快,高的可溶性糖

和淀粉含量反过来抑制叶片中相应酶的活性,导致了光合效率的降低<sup>[16-18]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 陈杰忠. 果树栽培学各论(南方版)[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 592-604.
- [2] 郑勇平. 杨梅[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [3] 阮勇凌, 吴立敏. 枇杷和杨梅冬季光合特性的研究[J]. 园艺学报, 1991, 18(4): 309-312.
- [4] 岳春雷, 高智慧, 陈顺伟, 等. 3 种树种的光合特性及其与环境因子的关系[J]. 浙江林学院学报, 2002, 9(3): 247-250.
- [5] 曾光辉. 杨梅光抑制的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [6] 金志凤, 李永秀, 景元书, 等. 杨梅光合作用与生理生态因子的关系[J]. 果树学报, 2008, 25(5): 751-754.
- [7] Larcher W. 植物生理生态学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 93-94.
- [8] Penuelas J, Filella I, Llusia J, et al. Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange and photo-biology of the Mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*[J]. Journal of Experiment Botany, 1998, 49(319): 229-238.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [10] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 110-114.
- [11] Farguher G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rev Plant Pysiol, 1982, 33: 317-345.
- [12] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
- [13] 魏书奎, 于继洲, 宣有林, 等. 核桃叶片的叶绿素含量与光合速率的研究[J]. 北京农业科学, 1994, 12 (5): 31-33.
- [14] 刘振威, 高佳, 孙丽, 等. 南瓜叶片叶绿素含量与净光合速率的关系[J]. 河南科技学院学报: 自然科学版, 2008(4): 32-34.
- [15] Huber S C. Biochemical mechanism for regulation of sucrose accumulation in leaves during photosynthesis[J]. Plant Physiology, 1989, 91: 656-662.
- [16] Herold A. Regulation of photosynthesis by sink activity the missing link[J]. New Phytologist, 1980, 86: 131-144.
- [17] Layne D R, Flore J A. End-product inhibition of photosynthesis in *Prunus cerasus* L. in response to whole-plant source-sink manipulation[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1995, 120: 583-599.
- [18] Sharkey T D. Photosynthesis in intact leaves of  $C_3$  plants: physics, physiology and rate limitations[J]. The Botanical Review, 1985, 51: 53-105.