

软枣猕猴桃光合日变化的研究

王 振 兴, 艾 军, 陈 丽, 范 书 田, 张 庆 田, 沈 育 杰

(中国农业科学院 特产研究所, 吉林 吉林 132109)

摘 要: 为了解不同的软枣猕猴桃的光合生理生态特性, 采用 CIRAS-2 便携式光合系统对自然条件下的软枣猕猴桃的光合生理特性日变化及其与气象因子关系进行研究。结果表明: 不同软枣猕猴桃净光合速率日变化呈双峰曲线, 出现明显的光合“午休”现象。软枣猕猴桃的光合速率与光合有效辐射、气孔导度、胞间 CO_2 浓度密切相关。

关键词: 软枣猕猴桃; 净光合速率; 日变化

中图分类号: S 663.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)06-0029-03

软枣猕猴桃 [*Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.] 为多年生落叶木质藤本果树, 主产于我国东北地区, 是珍贵的抗寒果树资源, 其果实富含各种营养成分, Vc 含量高达 430 mg/100g, 并具有一定的药用价值。软枣猕猴桃加工的果汁、果酒、果酱等具有浓郁的软枣猕猴桃特有的风味, 深受人们的喜爱。该树种抗病虫害能力强, 人工栽培基本无病虫害发生, 果实无任何污染, 是理想的绿色食品和食疗食品, 已成为当前栽种价值高、发展前景广的野生果树。

光合作用是植物生长发育的基础和生产力高低的决定因素, 同时又是非常复杂的物理、化学和生物过程, 并且对环境条件变化很敏感的生理过程。关于软枣猕猴桃的研究多集中在品种选育、栽培技术、食品加工等方面, 而有关其光合特性的研究尚未见报道。该试验在田间自然条件下, 测定了软枣猕猴桃品种“魁绿”(8025)以及 2 个优系‘8401’和‘9701’^[1-3] 的光合特性指标, 为系统研究软枣猕猴桃叶片光合作用提供重要理论基础, 为其高产优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2009 年在中国农业科学院特产研究所软枣猕猴桃资源圃中进行, 选择“魁绿”、‘9701’和‘8401’中生长势、株高和树龄等大致相同的植株 3 株, 每株选取叶片大小、生长状况一致的向阳健康成熟叶片为试材供测定。

1.2 试验方法

使用英国 PPSYSTEMS 公司的 CIRAS-2 便携式光

合测定系统于 2009 年 7 月 30 日(天气晴朗)测定, 此时正值软枣猕猴桃果实膨大期, 从 6:00~17:00 每隔 1 h 测定 1 次, 每株测 3 片叶, 取平均值。测定指标包括软枣猕猴桃叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、细胞间隙 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(E)、叶温(T_L)、光合有效辐射(PAR)、大气 CO_2 浓度(C_r)、空气相对湿度(RH)等。

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 净光合速率日变化

一般条件下栽培植物的光合作用日变化均有规律可循, 变化曲线呈双峰型或单峰型。单峰型中午光合速率最高, 双峰型上下午各有一高峰。对于软枣猕猴桃 3 种结果枝上的功能叶, 其净光合速率日变化曲线均为双峰型, 最高峰出现的时间不同, “魁绿”出现在 11:00 为 $13.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘9701’和‘8401’出现在 10:00 为 $12.6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $12.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 次高峰出现亦不同, “魁绿”和‘9701’出现在 16:00, 为 $11.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $9.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, ‘8401’出现在 15:00, 为 $10.9 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。“魁绿”较其它 2 个品系的总体光合速率较高, 果实也较大, 说明不同种软枣猕猴桃光合性能上的差异与其自身特性之间存在一定的关系。

有很多因素引起植物光合“午休”现象, 如午间气温过高导致酶钝化, 引起羧化效率下降; 由于缺水而引起的气孔导度降低或造成叶片局部水分胁迫; 光合有效辐射过高, 从而产生光抑制引起的光合速率下降。试验表明, 引起软枣猕猴桃光合“午休”现象的最主要原因可能是过高的光合有效辐射及高温。中午光照强, 温度高, 蒸腾作用加强, 叶片水分减少, 部分气孔关闭, 气孔导度下降, 光合作用原料即胞间 CO_2 浓度降低, 综合因素导致光合速率下降; 而在午后, 光照强度逐渐减弱, 大气温度有一定的回落, 空气相对湿度也相应的上升, 关闭的

第一作者简介: 王振兴(1982-), 男, 硕士, 在读硕士, 现从事药用植物资源学研究。E-mail: zhenxinghd@yahoo.com.cn.

通讯作者: 艾军(1969-), 男, 博士, 副研究员, 现从事果树资源学研究。E-mail: aijun1005@163.com.

收稿日期: 2009-12-20

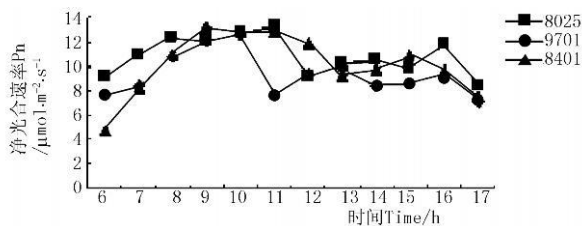


图1 3种软枣猕猴桃叶片的净光合速率日变化

Fig. 1 The diurnal variations of photosynthetic rate in the leaves of three *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.

气孔重新打开, 光合速率也开始回升, 出现第2次高峰。

2.2 蒸腾速率日变化

由图2可知, 3种不同软枣猕猴桃功能叶的蒸腾速率日变化均为单峰曲线, “魁绿”波峰出现在 12:03, 为 $6.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; “9701”波峰出现在 11:30, 为 $5.61 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; “8401”波峰出现在 13:28, 为 $6.72 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。蒸腾速率取决于叶片内外的蒸气压差和扩散途径阻力的大小, 光照、温度、大气相对湿度是影响蒸腾速率的主要因素。

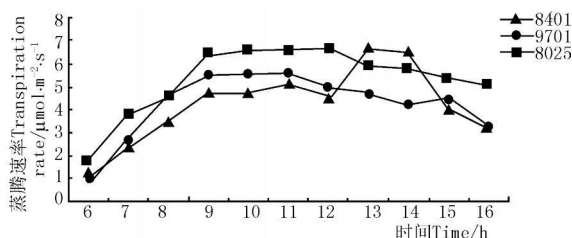


图2 3种软枣猕猴桃叶片的蒸腾速率日变化

Fig. 2 The diurnal variations of transpiration rate in the leaves of three *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.

2.3 气孔导度 (Gs) 日变化

气孔导度是植物气孔传导 CO_2 和水的的功能, 它的变化首先影响水分的交换, 其次是 CO_2 的交换, 因此 Gs 的大小对 Pn 和 C_i 均有很大影响。气孔导度受环境因子的影响很大, 适宜的光强和温度有利于气孔开张, 气孔阻力降低, 气孔导度增大。否则, 气孔导度降低, 胞间 CO_2 浓度下降, 影响光合作用。“魁绿”和“9701”的气孔导度日变化曲线为双峰型, 且与净光合速率日变化趋势一致。“魁绿”最高峰出现在 9:00, 次高峰出现在 16:00, 最低峰出现在 15:00; “9701”气孔导度在 8:00 最高, 次高峰出现在 15:00, 最低峰出现在 12:00。“8401”在 1 d 中 6:00 时的气孔导度最高, 以后逐渐降低, 而在 13:00~14:00 时却略有回升。

2.4 细胞间隙 CO_2 浓度日变化

当胞间 CO_2 较高时, 可固定较多的 CO_2 , 引起细胞间隙 CO_2 浓度下降; 当胞间 CO_2 浓度过低时, 会造成 CO_2 的亏缺, 使净光合速率难以进一步提高。在试验中, 3种软枣猕猴桃功能叶细胞间隙 CO_2 浓度日变化曲

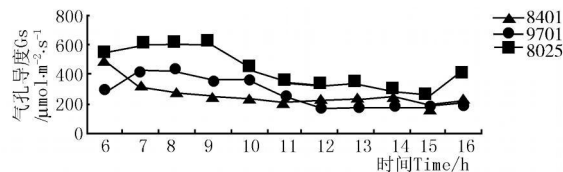


图3 3种软枣猕猴桃叶片的气孔导度日变化

Fig. 3 The diurnal variations of stomatal conductance in the leaves of three *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.

线总体趋势逐渐下降, 但在下降过程中略为双谷型, “魁绿”和“8401”低谷值均在 11:30 和 15:30, “9701”的低谷值在 9:30 和 13:30。“魁绿”和“8401”的细胞间隙 CO_2 浓度在 12:30~14:30 水平较高, “9701”在 14:00~15:00 时的水平较高, 此时段与光合午休部分重合。早上 6:00 净光合速率较低, 固定 CO_2 能力较低导致胞间 CO_2 浓度最高; 随着温度、有效光辐射的升高, 较多的 CO_2 被固定, 引起细胞间隙 CO_2 浓度下降; 当净光合速率最高时, 细胞间隙 CO_2 浓度达最低值; “午休”时, 其浓度不降反升, 说明有非气孔限制因素; 在 16:30 以后, 净光合速率的下降伴随着胞间 CO_2 浓度增加和气孔限制值的降低, 主要是因为光照不足引起的 ATP 和 NADP 供应不足, 即同化力不足限制了光合碳同化, 这是一种非气孔因素的限制。

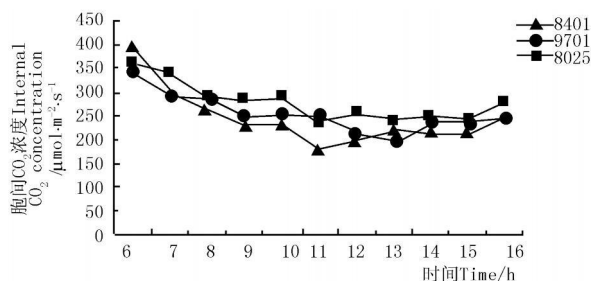


图4 3种软枣猕猴桃叶片胞间 CO_2 浓度日变化

Fig. 4 The diurnal variations of internal CO_2 in the leaves of three *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.

2.5 环境因子对净光合速率的影响

2.5.1 温度对净光合速率的影响 叶面温度日变化为单峰曲线, 11:30~14:30 为波峰区 (超过 33°C), 13:30 出现最高温 36.2°C 。

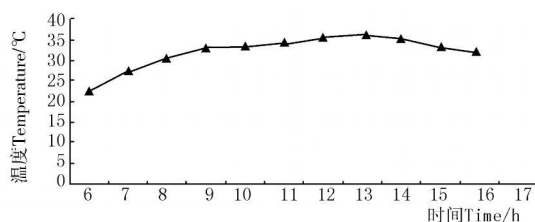


图5 温度日变化

Fig. 5 The diurnal variations of temperature

2.5.2 光合有效辐射对净光合速率的影响 光合有效

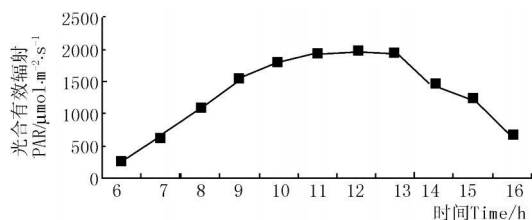


图6 光合有效辐射日变化

Fig.6 The diurnal variations of PAR

辐射日变化为单峰型, 12:00 达最大值 $2\ 030\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 11:30~13:30 为波峰区(超过 $1\ 900\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。植物光合作用日变化受多种环境因素的影响, 当植物叶片吸收的光能超过其利用能力时, 就会引起叶片光合作用的光抑制甚至光破坏。

3 讨论

光合作用是一个非常复杂的生理过程, 光、温、水是影响植物光合作用的主要环境因子。强光、高温、干旱都会抑制光合作用, 甚至对光合器官产生破坏, 而这些环境因子又会影响到气孔导度、胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率等生理因子, 最终直接或间接地影响了植物的光合作用。在自然条件下, “魁绿”、‘8401’和 9701’ 3 种软枣猕猴桃的光合速率高峰出现的时间及午休时间的长短不一致, 光合高峰时的光照时间、气温、叶温也不同, 说明环境对光合作用的影响在不同的软枣猕猴桃之间存在差异。光照、温度的日变化引起植物的光合速率、蒸腾速率及气孔导度也相应发生变化。高温是造成光合速率午间降低的主要环境因子, 因此可以在夏季利用喷灌设施适度喷水, 降低叶面温度, 同时增加了果园空气的相对湿度, 有效的缓解了“午休”现象, 从而提高产量^[4]。

许大全等(1997)认为, 净光合速率有气孔限制和非气孔限制两方面的因素。气孔限制是气孔导度下降阻止了 CO_2 的供应; 非气孔限制是叶肉细胞光合能力的下降, 利用 CO_2 的能力降低, 从而使细胞间隙 CO_2 浓度升高。一般用气孔限制值和细胞间隙 CO_2 浓度变化方向

作为判别依据和标准, 其中细胞间隙 CO_2 浓度是关键指标。当净光合速率和气孔导度下降时, 若气孔限制值增大而细胞间隙 CO_2 浓度降低, 则为气孔限制; 若气孔限制值增大而细胞间隙 CO_2 浓度增大或不变, 则为非气孔限制^[5]。试验中, ‘9701’和 8401’在 10:00 以前“魁绿”在 11:00 以前, 净光合速率上升迅速, 可能由于在此期间温度和有效光辐射不断上升, 逐渐达到光合所需的最适温度和光强, 细胞吸收 CO_2 的量也逐渐增大, 造成细胞间隙 CO_2 浓度呈下降的趋势。随着有效光辐射和温度的进一步上升, 它们不再是光合作用的限制因子, 但是蒸腾速率持续上升, 室内相对湿度继续下降, 这些因素综合作用下净光合速率增势减缓, 并逐步达峰值。此后, 随着有效光合辐射和温度高峰区的出现, 蒸腾速率高峰发生, 同化室内相对湿度进入低谷区, 气孔导度进一步下降, 出现光合午休期。据许大全的观点, 细胞间隙 CO_2 浓度在“午休”时期又缓慢的回升, 而在此前一段时间浓度很低, 所以推测, 软枣猕猴桃光合午休期的发生可能既有气孔因素也有非气孔因素。午后, 随着有效光合辐射和温度的下降, 蒸腾速率下降, 同化室空气湿度上升, 气孔导度回升, 净光合速率出现次高峰, 细胞间隙 CO_2 浓度从光合午休期相对高水平回落。再后来, 随着有效光合辐射和温度进一步下降, 成为光合作用的限制因子, 蒸腾速率和气孔导度持续下降, 净光合速率迅速下降, 细胞间隙 CO_2 浓度回升。

参考文献

- [1] 赵淑兰袁福贵 马月申 等. 软枣猕猴桃新品种“魁绿”[J]. 园艺学报, 1994 21(2): 207-208.
- [2] 赵淑兰, 沈育杰, 杨义明. 软枣猕猴桃代表品系‘8401’简介[J]. 猕猴桃研究进展(III). 北京: 科学出版社, 2005: 40-41.
- [3] 赵淑兰, 沈育杰, 杨义明. 软枣猕猴桃优良品系 9701、8401 的选育[J]. 特产研究, 2007(1): 47-48.
- [4] 培烈. 用光合作用指导板栗丰产[J]. 山东果树, 1979, 11(4): 34-37.
- [5] 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.

Study on the Diurnal Variation of Photosynthesis of

Actinidia arguta (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.

WANG Zhen-xing AI Jun CHEN Li FAN Shu-tian ZHANG Qing-tian SHEN Yu-jie

(Institute of Special Wild Economic Animal and Plant Sciences CAAS, Jilin, Jilin 132109)

Abstract: In order to understand the eco-physiological characteristics of *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq., the studies on diurnal change of photosynthetic characteristics of *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq. And its environmental factors were conducted by the CIRAS-2 portable photosynthetic system. The results indicated that daily variation of net photosynthesis rate of *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq. showed a bimodal type and obvious characteristics of photosynthesis mid-nap. The net photosynthesis rate of *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq. was closely related to photosynthesis active radiation, stomatal conductance and intercellular CO_2 concentrations.

Key words: *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq.; net photosynthesis rate; diurnal variation