维普资讯 http://www.cqvip.com

园 艺 学 报 2003, 30 (3): 314~316
Acta Horticulturae Sinica

树莓光合特性的研究

李六林[1] 杨佩芳[1] 田彩芳[1] 崔汝光[2] 高万敏[3]
([1]山西农业大学园艺学院，太谷 030801；[2]山西省太原市西山公园，太原 030031；[3]山西运城林业局，运城 044500)

摘 要：以美国红树莓为试材，对其光合特性进行了研究。结果表明：树莓叶片光合速率日变化呈双峰曲线，有明显的“午休”现象；光合速率与气孔导度呈显著的正相关，但光合速率变化与气孔导度和胞间 CO_2 浓度的变化并不完全同步；光合速率季节性变化也呈双峰曲线变化；影响光合作用的主导环境因子为光照强度和湿度；光合作用的饱和点和补偿点分别为 750 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 和 21.4 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$。

关键词：树莓；光合；气孔导度；细胞间隙 CO_2 浓度
中图分类号：S 663.2 **文献标识码**：A **文章编号**：0513-353X (2003) 03-0314-03

1 目的、材料与方法

果树光合特性的研究是探索果树光合生产力的基础[1~4]。众多果树专家学者对梨、葡萄、核桃等果树光合特性进行了较为详尽的研究[2~4]，但有关树莓栽培生理和光合作用的研究尚未见报道。本研究拟通过树莓光合特性及其影响因子的研究，以期提出合理的生态指标，为其引种栽培、提高产量和品质提供科学依据。

本试验于 2001~2002 年在山西省中晋种苗公司树莓试验基地进行，该基地地势平坦，土壤为沙壤土。试材为盆栽的 3 年生美国红树莓（*Rubus strigosus* Mick），在生长期内进行浇水、施肥、喷肥等常规管理。于 2001 年和 2002 年的 6 月 1~15 日选择 3 个晴天，选取树冠东南方向中上部的当年生新梢中部生长健壮、叶龄相对一致的 6 片叶片为试材，并保证该叶片全天处于自然光照的条件下，于 7~19 时，使用美国 CID 公司生产的 CI-301 便携式光合测定仪，采用开放气路，每隔 1 h 测定 1 次净光合速率（Pn），同时测定气孔导度（Gs）、细胞间隙 CO_2 浓度（Ci）等相关指标和光量子通量密度（PFD）、叶片温度（TL）、环境相对湿度（RH）、环境 CO_2 浓度（Ca）等生态指标，均重复测定 6 次。因 2001 年和 2002 年测定的结果变化趋势基本一致，本文采用了 2002 年 6 月 10 日的测定结果。于 2001~2002 年的 5~10 月测定 Pn 的季节性变化，每月上旬选择晴天，于9~10 时测定 Pn；于 6 月中旬，通过 CI-301 光合测定系统及其控光和控温控制单元，分别对光照和温度的光合作用的响应曲线进行测定，在测定某一因子的影响时，其他因子相对一致。

2 结果与分析

2.1 树莓叶片光合速率的日变化和季节性变化

由图 1 可以看出：树莓光合速率的日变化呈双峰曲线。从 7~9 时，光合速率呈上升趋势，于 9 时出现最高峰，峰值为 12.89 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$；9~14 时呈下降趋势，于 14 时出现最小值，而后又略有回升，于 15 时出现第 2 次高峰，以后随时间推移呈逐渐下降的趋势。Pn 的变化在 6~9 时和 15~19 时与光强的变化趋势相一致，在 9~14 时呈相反变化，说明光合作用存在“午休”现象。

树莓叶片 Pn 的季节性变化也表现为双峰曲线（图 2），随叶片的发育和环境条件的变化，叶片的 Pn 于 6 月达到最大值；7 月略有下降，8 月回升并出现 Pn 变化的小高峰，以后逐渐下降。

收稿日期：2002-12-11；**修回日期**：2003-03-04

维普资讯 http://www.cqvip.com

2.2 树莓叶片光合相关生理因子日变化与光合作用的关系

2.2.1 *气孔导度的日变化与光合作用的关系* 早晨7～10时，随光照强度的增加，气孔导度（Gs）均呈逐渐增加的趋势（图1）；9～10时光合速率与Gs的变化趋势不一致：10～14时Gs与光合速率呈现逐步降低的同步变化的趋势；14～15时两者均同步增加，光合速率于15时出现第2高峰，Gs于16时才出现高峰；16～19时又呈同步下降的变化趋势。经相关分析表明：Pn与Gs的相关系数 $r=0.8382^{*}$，为显著的正相关。

2.2.2 *细胞间隙 CO_2 浓度的日变化与光合作用的关系* 7～8时，由于Gs较高，加之温度的升高促进了呼吸速率的增加，导致了细胞间隙 CO_2 浓度（Ci）的增加（图1），光合速率也出现同步增加；8～9时，由于光合速率升高，CO_2 同化加快，致使Ci下降；9～17时Ci呈逐渐下降的趋势，但相对变化较小，而光合速率于15时出现一个小高峰；17时以后由于Gs的下降，光合速率降低，CO_2 利用下降，加之细胞呼吸作用所释放 CO_2 积聚在细胞间隙中，使Ci上升。

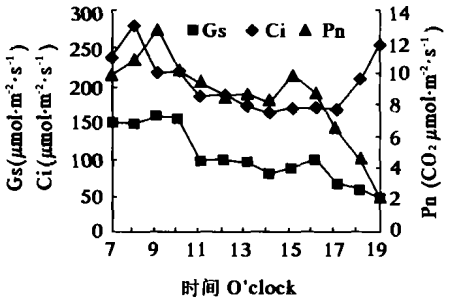


图1 树莓叶片 Pn、Gs、Ci 的日变化

Fig. 1 Diurnal variation of Pn, Gs and Ci in *R. strgosus* Mick.

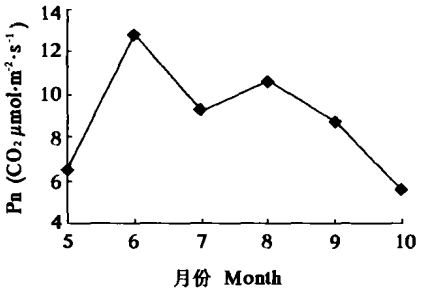


图2 树莓叶片 Pn 的季节性变化

Fig. 2 Seasonal variation of Pn in *R. strgosus* Mick.

2.3 影响树莓叶片光合作用日变化的主导环境因子

由于光合作用受到光照强度、叶温、CO_2 浓度和空气的相对湿度等环境因素的影响，为此采用多元逐步回归的统计方法，分析环境因子与光合作用的关系。结果表明：光照强度、环境相对湿度、环境 CO_2 浓度和叶温对光合速率均有影响，多元回归方程为 $Pn=-15.3109+0.01014\ PFD+0.2407\ RH+0.06164\ Ca-0.3204\ TL$（$R^2=0.8697^{*}$）。由于TL与RH紧密相关（$r=-0.9293^{**}$）而被剔除。经通径分析，Pn与PFD、RH和Ca的通径系数分别为0.8373、0.5877和0.3208，因此PFD是影响树莓光合速率的主导因子，其次是RH，PFD和RH决定了Pn大小的81.62%[1]。因此适当控制这些环境因子就成为提高光合产量的重要措施，但由于光量子密度受到自然条件限制，不易控制，所以生产上可通过适当控制空气相对湿度的田间管理技术措施来提高树莓的光合产量。

2.4 树莓光合作用对光、温度的响应曲线

2.4.1 *光合作用—光响应曲线* 经分析可得光合作用—光响应曲线方程为 $y=-2\times10^{-5}x^2+0.03x-0.6348$（$R^2=0.9689^{**}$，图3），当光强为21.4 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$时，Pn为0，说明其光补偿点为21.4 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$。随光强的增强，Pn也增大，当光强为750 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$时，Pn最大，说明其光饱和点为750 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$，低于梨（1100 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$）[2]、核桃（1200 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$）[3]等落叶果树。树莓叶片光合作用对光照的要求与其他果树相比，光补偿点较低[2,3]，说明具有阴生的特点，树莓对强光要求也不高，光饱和点只占到最大日照强度的60%～70%，一般果园均可以满足对光的需求。此外在栽培树莓时可以适当加大密度，以提高叶面积系数，从而提高光合产量。

2.4.2 *光合作用—叶温响应曲线* 在光强为750 $\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$时，测定光合作用—叶温响应曲线。经分析光合作用—叶温响应曲线方程为 $y=-0.0418x^2+2.0607x-13.998$（$R^2=0.9657^{**}$，图4），在24.7℃时，Pn最大。因此有条件的树莓果园，在炎热的夏季可以利用喷灌设施进行适度喷水，可以

维普资讯 http://www.cqvip.com

降低果园温度，同时增加果园空气相对湿度，以减缓“午休”现象，提高树莓光合产量。

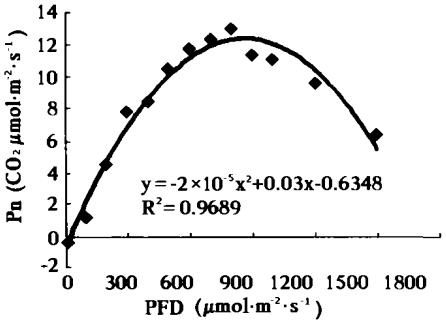


图3 光合作用—光响应曲线

Fig. 3 The response curve of Pn to PFD

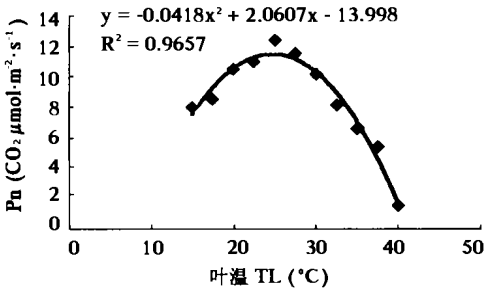


图4 光合作用—光的响应曲线

Fig. 4 The response curve of Pn to leaf temperture

参考文献：

1 陶 俊，陈 鹏，佘旭东. 银杏光合特性的研究. 园艺学报，1999，26（3）：157～160

2 王白坡，丁兴翠，戴文圣，等. 田间条件下沙梨光合作用的研究. 园艺学报，1987，14（2）：97～102

3 张志华，高 仪，王文江. 核桃光合特性的研究. 园艺学报，1993，20（4）：319～323

4 黄丛林，张大鹏. 葡萄叶片光合速率日间降低内外因调控的研究. 园艺学报，1996，23（2）：128～132

Studies on Photosynthetic Characteristics of *Rubus strigosus* Mick.

Li Liulin[1], Yang Peifang[1], Tian Caifang[1], Cui Ruguang[2], and Gao Wanmin[3]

([1] *College of horticulture, Shanxi Agriculture University, Taigu* 030801, *China*; [2] *Park of Western Mountain, Taiyuan* 030031, *China*; [3] *Forest Bureau of Yuncheng, Yuncheng* 044500, *China*)

Abstract: Photosynthetic characteristics were carried out with *Rubus strigosus* Mick. The results indicated: the curve of diurnal variation of *Rubus strigosus* Mick. leaf photosynthesis showed two peaks, appeared 'Wuxiu' phenomenon. Pn was positively significantly correlated with Gs, at the same time, the variation of Pn, Gs and Ci was synchronism; the principal environmental factors, which effected Pn, were PFD and RH; the curve of seasonal variation had two peaks; The light compensation point of photosynthesis and light saturation point of *Rubus strigosus* Mick. leaves were 750 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ and 21·4 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, respectively.

Key words: *Rubus strigosus* Mick.; Photosynthesis; Stomata conductance; Intercellular CO_2 concentration

新书推荐

《英汉生物学词汇》（第二版）

本书是《英汉生物学词汇》1983年版的增修订本，是一部综合生物学各分支学科词汇的大型工具书。收有动物学、植物学、人体解剖学、组织胚胎学、微生物学、遗传学、细胞学、生物化学、生物物理学、时间生物学、生物工程、分子生物学、生态学等学科以及医学、农学的词汇，共约130 000条。定价：99元（含邮费）

《汉英生物学词汇》

本书是一部汉英对照的中型工具书。收有动物学、植物学、人体解剖学、组织胚胎学、微生物学、遗传学、细胞学、生物化学、生物物理学、时间生物学、生物工程、分子生物学、生态学等学科以及医学、农学的名词，共约14万条。定价：106元（含邮费）

购书者请汇款至北京中关村南大街12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部，邮编100081。