

Study on the Photosynthetic Characteristics of *Bauhinia blakeana*—A Kind of Landscape Trees in Yuanmou Dry-Hot Valleys

Zhixian Pan, Xuewen Yue, Chunxue Wang, Jiancha Li, Haidong Fang*

Institute of Tropical Eco-Agricultural Sciences, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yuanmou Yunnan
Email: *rqspzx@126.com

Received: Feb. 21st, 2016; accepted: Mar. 9th, 2016; published: Mar. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to study the photosynthetic characteristics of *Bauhinia blakeana*, the photosynthetic rate, stomatal conductance and its corresponding environmental factors were measured. Photosynthetic characteristics of *Bauhinia blakeana*, a kind of greening tree species in Yuanmou County, were measured by using TPS-1 portable photosynthetic measurement system (produced by PPsystems Company in the British). The results showed that the daily variation of net photosynthetic rate of *Bauhinia blakeana* showed bimodal curve. The factors of photosynthetic active radiation (PAR), transpiration rate (Tr), intercellular CO₂ concentration (Ci), atmospheric CO₂ concentration (Ca), stomatal conductance (Gs) and temperature (T) impacted on the net photosynthetic rate of *Bauhinia blakeana*. The average value of light use efficiency was 0.03 mmol·mol⁻¹, and water use efficiency was 2.061 mmol·mol⁻¹. *Bauhinia blakeana* had stronger adaptation in Yuanmou dry-hot valleys.

Keywords

Bauhinia blakeana, Photosynthetic Characteristics, Impact Factors

元谋干热河谷一种景观树种羊蹄甲的光合特性研究

潘志贤, 岳学文, 王春雪, 李建查, 方海东*

*通讯作者。

文章引用: 潘志贤, 岳学文, 王春雪, 李建查, 方海东. 元谋干热河谷一种景观树种羊蹄甲的光合特性研究[J]. 植物学研究, 2016, 5(2): 47-54. <http://dx.doi.org/10.12677/br.2016.52008>

云南省农业科学院热区生态农业研究所, 云南 元谋
Email: *rqspzx@126.com

收稿日期: 2016年2月21日; 录用日期: 2016年3月9日; 发布日期: 2016年3月15日

摘要

通过对羊蹄甲的光合速率、气孔导度及其相应环境因子的测定, 探讨元谋干热河谷羊蹄甲的光合生理生态特征。本研究采用TPS-1 (英国PPsystems公司出品)便携式光合测定系统对元谋县县城绿化树羊蹄甲的光合特性进行了研究, 结果表明: 羊蹄甲净光合速率的日变化成双峰曲线, 光照强度(PAR)、蒸腾速率(Tr)、胞间CO₂浓度(Ci)、大气CO₂浓度(Ca)、气孔导度(GS)、温度(T)等因子都会影响羊蹄甲的净光合速率, 羊蹄甲对光能的利用率平均值为0.03 mmol·mol⁻¹, 对水分的利用率平均为2.061 mmol·mol⁻¹。羊蹄甲在元谋干热河谷有较强的适应性。

关键词

羊蹄甲, 光合特性, 影响因子

1. 引言

羊蹄甲, 拉丁名(*Bauhinia blakeana*), 隶属豆科芸实亚科, 是紫荆族(Cercideae)中最大的一个属, 为乔木、灌木(有时为半攀援灌木)或有简单的卷须类藤本, 全世界约有 250 种, 分布在热带和亚热带地区, 我国有 40 余种 11 个变种, 分布长江以南各省区, 主产华南及西南, 品种主要有红花羊蹄甲、白花羊蹄甲、宫粉羊蹄甲等, 其适应性强, 喜阳光和温暖, 耐暑热, 终年常绿繁茂, 颇耐烟尘, 是很好的绿化树种。其次, 羊蹄甲还具有食用和药用价值, 红花羊蹄甲的树根、树皮、花朵可入药, 具有清热凉血、祛风解毒的功效, 其树皮含有单宁可作染料, 其花朵也可食用。元谋地区生态环境脆弱, 植物覆盖率低, 水土流失严重, 羊蹄甲优良的生物特性, 不仅可作为元谋地区的绿化树种也可通过种植羊蹄甲获得一定的经济价值。光合作用是树木的重要生理生态学特性之一。它是植物生长发育的基础, 也是植物长势优劣的决定性因素, 同时又是植物对环境条件变化十分敏感的生理过程[1]。并且光合作用是构成生产力的最主要因素, 植物叶片光合性能与其生产能力呈正相关。本研究旨在探讨羊蹄甲生长期的光合作用日变化的特征以及环境因子与光合特性之间的互作关系, 揭示其基本生理生态学特征和规律, 分析其生长的适宜生态条件。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验地概况

该试验于 9 月在元谋县城元马镇区域内进行, 该地区地处我国滇中高原北部的金沙江一级支流—龙川江下游, 具有光热资源丰富, 气候干旱燥热、水热矛盾突出、植被覆盖率低、水土流失严重、生态环境强烈退化、植被恢复困难等特点。该地区降水少而集中, 蒸发量大, 其年均温 21℃~22.8℃, ≥10℃积温多在 3554.4℃~7985.0℃之间, 在雨季(5~10月)降水量占年降水量的 90%以上, 旱季(11月至翌年 5月)降水量不足 10%, 年均降水量仅为 615.1 mm, 但年均蒸发量却高达 3700 mm~4300 mm, 其蒸发量是降水量的 6 倍[2], 土壤凋萎湿度(PWP)长达 7~8 个月[3], 可见本地区干旱之甚, 其次元谋干热河谷地区土

壤贫瘠, 土壤为表蚀燥红土或变性土, 土壤贫瘠, 中性偏酸[4]。有机质 0.42%, 碱解氮 34.6 mg/kg, 速效磷 1.62 mg/kg, 速效钾 18.06 mg/kg; 植被覆盖率小于 10%, 年侵蚀模数 1638 t/km² [5]; 植物生长尤为困难。

2.2. 试验材料

试验所用的羊蹄甲来源于元谋县县城, 于 2013 年种植, 生长状况良好, 其树高 324 cm、地径(8.5~9.15 cm)、冠幅(314 × 362 cm)。

2.3. 试验方法

在晴朗的天气, 选择能全天接受光照且生长状况良好的羊蹄甲植株, 利用 TPS-1(英国 PPsystems 公司出品)便携式光合测定系统进行测定。在自然状态下, 对测定对象分别选取南面的从顶端向下数的第 2 片完全展开叶, 测定净光合速率(Pn)、气孔导度(GS)、细胞间 CO₂ 浓度(Ci)、光合有效辐射(PAR)、大气 CO₂ 浓度(Ca)、蒸腾速率(Tr)等生理指标, 测定时各指标测定均为 3~5 次重复, 取平均值。测定时间为 9 月上旬(雨季), 每天从早上 8:00~18:00 每隔 2 小时测定一次, 全天共 6 次。

3. 试验结果与分析

3.1. 羊蹄甲的光响应曲线

羊蹄甲光合速率日变化规律

如图 1 所示, 羊蹄甲光合速率的日变化呈现出双峰曲线, 两次峰值分别出现在上午 10:00 和下午 16:00, 峰值为 18.37 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 8.23 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 下午的峰值比上午的峰值低, 从 8:00~10:00 光合速率呈上升趋势, 在 10:00 出现最高峰, 10:00~12:00 呈下降趋势, 在 14:00 最低值, 而后又逐渐回升, 于 16:00 净光合速率出现第二次高峰, 之后又呈下降趋势在两峰之间即 12:00~14:00 净光合速率下降到 6.9 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ~3.8 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 形成明显的低谷, 说明光合作用存在“光合午休” [6]现象。

3.2. 影响净光合速率的因子

3.2.1. 环境因子

(1) 光照强度对净光合速率的影响

如图 2 所示, 上午 8:00~10:00 净光合速率和光照强度变化一致, 都呈现上升趋势, 中午 10:00~16:00 净光合速率和光照强度呈反方向变化, 在 10:00 净光合速率达到最大值, 此时的光照强度为 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 在 14:00 光照强度达到最大值 742 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 而净光合速率却达到最低值 3.8 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 16:00 以后净光合速率和光照强度都随时间逐渐下降。

光合利用效率是植物通过光合作用固定太阳能的效率[7], 表现为一定光能下植物通过叶片光合组织固定的碳量, 常常用植物对照在地面上太阳能量的利用情况表示, 即净光合速率和高照强度的比值, 羊蹄甲对光能的利用率如图 3 所示, 在 8:00 时羊蹄甲对光能的利用率最大, 为 0.190 $\text{mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 随着时间的变化羊蹄甲对光能的利用率逐渐降低, 到 14:00 光能利用率达到一天中的最低值 0.005 $\text{mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 从全天来看, 羊蹄甲对光能的利用率平均值为 0.03 $\text{mmol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

(2) 气温对光合速率的影响

如图 4 所示, 上午 8:00~10:00 温度的日变化和净光合速率日变化曲线相一致, 10:00 温度逐渐升高, 当温度为 31.66℃时净光合速率出现第一个高峰, 随后从 10:00~14:00 温度和净光合速率出现相反的变化, 随着温度的上升净光合速率逐渐下降, 14:00 当温度上升至 36.6℃时净光合速率达到了一天中的最低值,

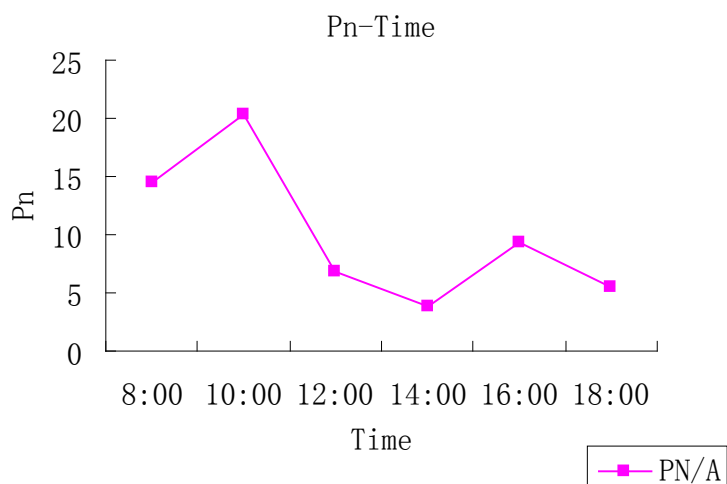


Figure 1. The PN diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.

图 1. 羊蹄甲光合速率日变化

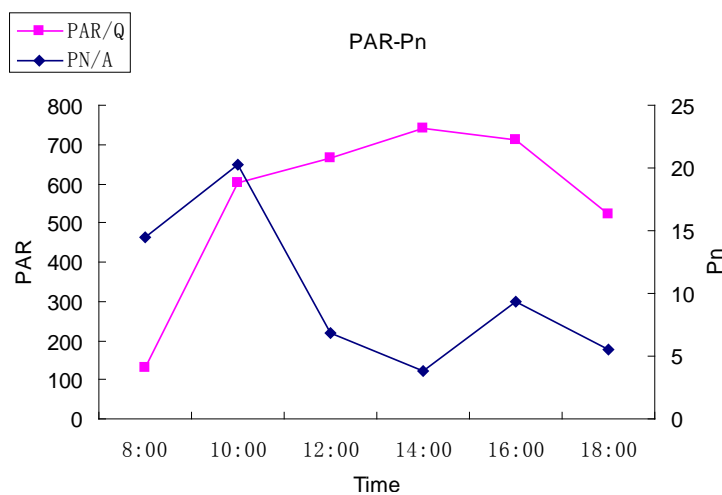


Figure 2. The Pn and TPAR diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.

图 2. 羊蹄甲净光合速率(Pn)与光照强度(PAR)的日变化

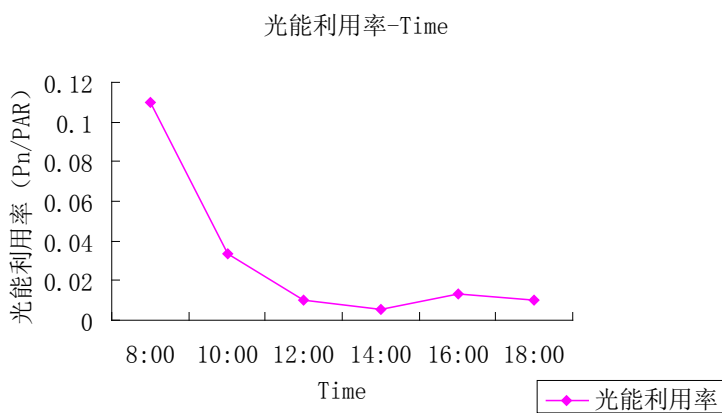


Figure 3. The phyllostachys pubescens diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.

图 3. 羊蹄甲光能利用率的日变化

16:00 温度达到一天中的最大值 37.6℃同时净光合速率也达到了第二个高峰。

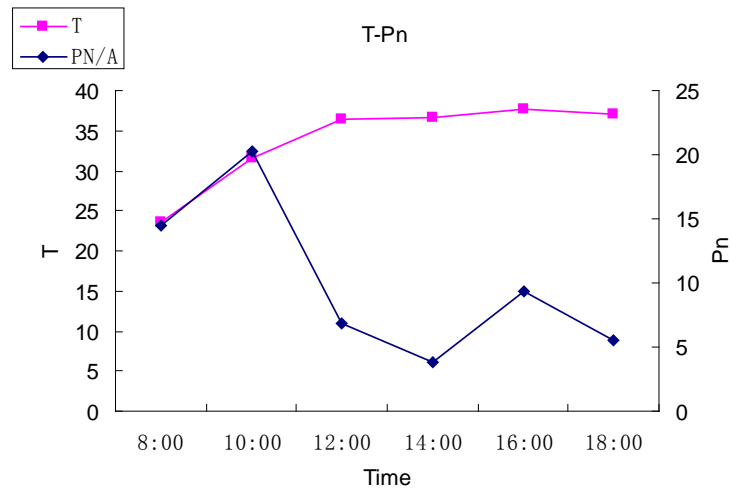


Figure 4. The phyllostachys pubescens diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.
图 4. 羊蹄甲光能利用率的日变化

(3) 大气 CO₂ 浓度对净光合速率的影响

如图 5 所示, 在上午 8:00~10:00 和下午 16:00 以后, 大气中 CO₂ 含量与净光合速率呈相反变化, 但是从 10:00~16:00 大气中 CO₂ 与净光合速率的变化相一致, 净光合速率随大气中 CO₂ 含量的降低而降低, 在 14:00 大气中 CO₂ 含量与净光合速率同时达到最低值, 此时大气中 CO₂ 含量为 387.3 μmol·mol⁻¹, 净光合速率为 3.8 μmol·m⁻²·s⁻¹。

3.2.2. 生理因子

(1) 气孔导度对光合速率的影响

如图 6 所示, 羊蹄甲叶片的气孔导度与净光合速率的变化曲线在 10:00~14:00 的变化趋势一致, 净光合速率随着气孔导度值的降低而降低, 直到气孔导度下降到 152.6 μmol·m⁻²·s⁻¹ 时净光合速率到达最低值, 在 14:00 后气孔导度与净光合速率曲线变化相反, 当气孔导度达最低值 126.6 μmol·m⁻²·s⁻¹ 净光合速率达到了第二个高峰。

(2) 胞间 CO₂ 浓度对光合速率的影响

如图 7 所示, 一天中细胞间 CO₂ 浓度变化幅度较小, 只在 8:00 出现了一次最高值, 随后逐渐呈下降趋势, 从图像中可看到, 8:00~16:00 胞间 CO₂ 浓度的日变化曲线与净光合速率的日变化曲线成反方向变化, 8:00~10:00 由于光合速率的升高, CO₂ 同化加快, 导致细胞间 CO₂ 浓度降低, 从 10:00~14:00 随着细胞间 CO₂ 的浓度的增加光合速率逐渐降低, 到 14:00 当胞间 CO₂ 浓度为 308.3 μmol·mol⁻¹ 时净光合速率达到最低值。

(3) 蒸腾速率对光合速率的影响

如图 8 所示, 8:00~10:00 时蒸腾速率与净光合速率的日变化曲线变化一致, 净光合速率随着蒸腾速率的增加而升高, 到 12:00 蒸腾速率达到最大值 8.02 μmol·m⁻²·s⁻¹ 而此时净光合速率降低到了 6.9 μmol·m⁻²·s⁻¹, 12:00 后蒸腾速率逐渐降低而净光合速率在 16:00 再一次达到了第二个高峰, 此时蒸腾速率为 5.22 μmol·m⁻²·s⁻¹。

植物的水分利用率(WUE) [8]是指植物消耗单位水量所产生的同化物量, 用来表示植物对水分的利用水平, 常用净光合速率(Pn)与蒸腾速率(Tr)的比值来表示, 羊蹄甲对水分的利用率如图 9 所示, 羊蹄甲在 8:00 时对水分的利用率最高, 为 4.548 mmol·mol⁻¹, 随后, 对水分的利用逐渐下降, 12:00 羊蹄甲对水分的利用率达到了最小值 0.665 mmol·mol⁻¹, 随后又开始逐渐的有所上升。从全天来看, 羊蹄甲对水分的

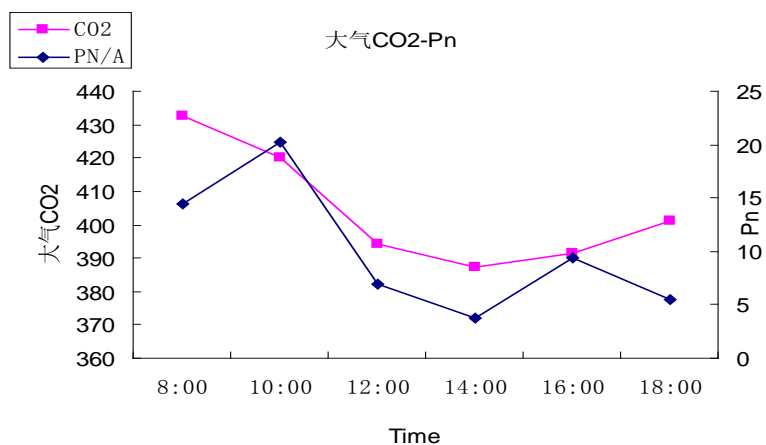


Figure 5. The Pn and CO₂ diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.
图 5. 羊蹄甲净光合速率(Pn)与大气 CO₂ 浓度(CO₂)的日变化

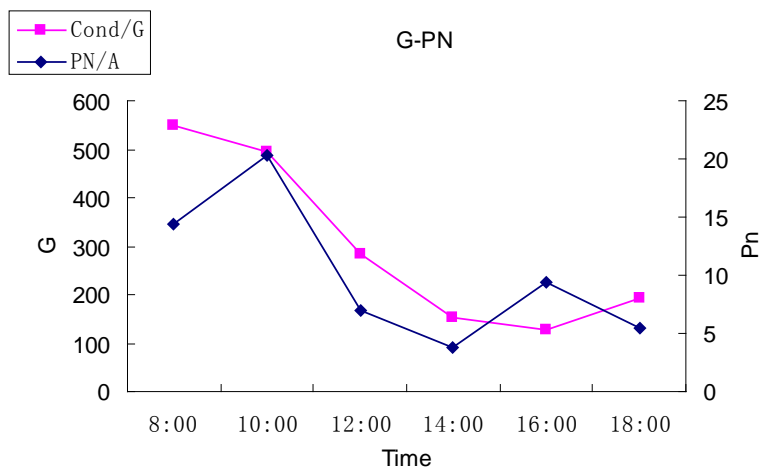


Figure 6. The Pn and Gs diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.
图 6. 羊蹄甲净光合速率(Pn)与气孔导度(Gs)的日变化

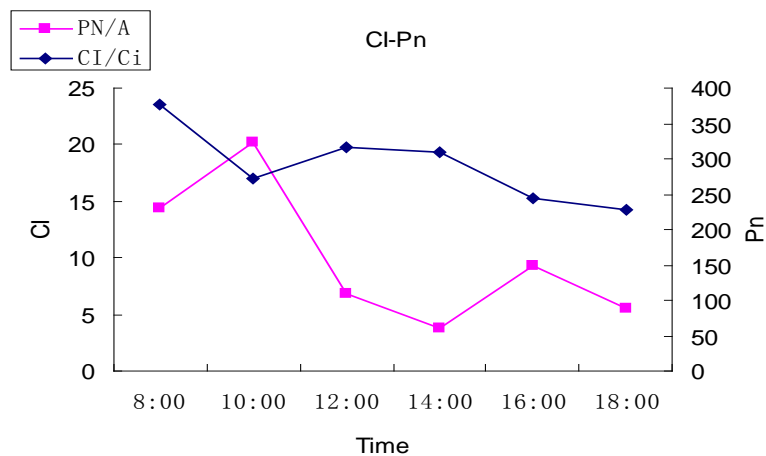


Figure 7. The Ci and the Pn diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.
图 7. 羊蹄甲胞间 CO₂ 浓度(Ci)与光合速率的日变化

利用率平均为 $2.061 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

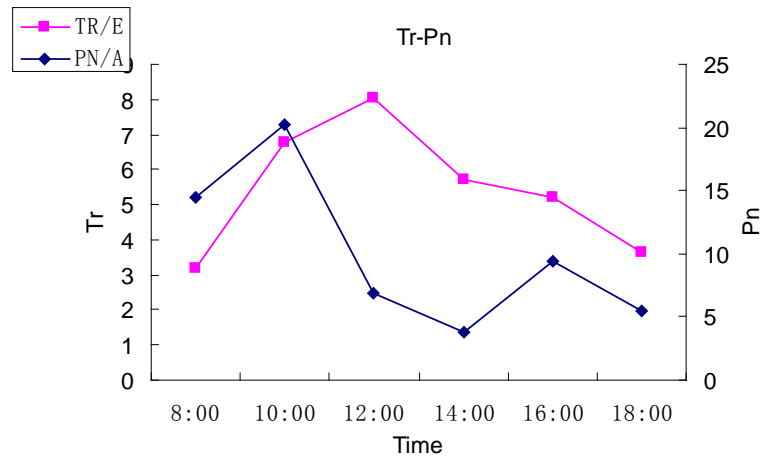


Figure 8. The Ci and the Pn diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.

图 8. 羊蹄甲胞间 CO₂ 浓度(Ci)与光合速率的日变化

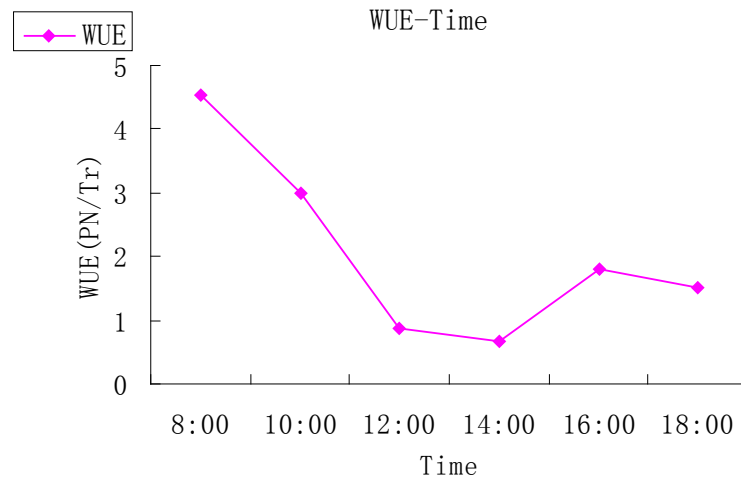


Figure 9. The WUE diurnal course of *Bauhinia blakeana* L.

图 9. 羊蹄甲水分利用效率 WUE 日变化

4. 结果分析与讨论

在自然条件下,植物光合作用的日变化曲线大体上有两种类型,一种是单峰型,中午光合速率最高;另一种是双峰型,上午和下午各有一个高峰,光合作用日变化类型主要取决于光照、气温等环境因子的综合作用,也有树种本身的生理特性有关,羊蹄甲在元谋干热河谷地区雨季晴天的净光合速率日变化呈现明显的双峰曲线,在中午出现光合“午休”现象,从图 2 可以看出,在午休期间光照强度最大为 $742.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,此时羊蹄甲净光合速率处于一天中的最低值。造成这一现象的原因可能是经过上午的长时间光合,叶片中的光合产物大量积累,发生反馈抑制;或是在干热的中午,植物叶片蒸腾失水大于失水,引起气孔导度降低,使叶片对 CO₂ 吸收能力减弱,另外,午间高温、强光、CO₂ 浓度降低产生光抑制,光呼吸增强,这些原因都会导致光合速率下降,引起植物产生光合“午休”。在测定环境因子的日变化的规律时,气孔导度的日变化曲线与净光合速率和蒸腾作用的日变化曲线均表现为相似的规律,表明羊蹄甲光合速率和蒸腾速率在很大程度上决定于气孔的活动状态。气孔作为气体交换的调节机构,其导度的变化可以影响光合作用,调节蒸腾作用[9]。气孔的部分关闭可以提高植物的水分利用效率,使植物以有限的水分损耗换取尽可能大的二氧化碳同化量。气孔调节能力的有效程度是植物适应干旱逆境

的重要方式,可作为评价植物抗旱性的重要指标[10]。其次光照强度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率、大气 CO₂ 浓度、气孔导度、温度都是影响羊蹄甲光合作用的因素,适当的控制这些因素就能成为提高光合产量的重要措施

参考文献 (References)

- [1] 严俊鑫, 刘晓东, 张晓娇, 魏焕勇. 6种丁香的光合特性[J]. 东北林业大学学报, 2008, 36(7): 23-24.
- [2] 纪中华, 黄兴奇. 干热河谷生态恢复研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2007.
- [3] 纪中华, 李建增, 沙毓沧, 李贵华. 元谋干热区旱坡地生态果园建设模式[J]. 农业环境与发展, 2002, 19(1): 8-9.
- [4] 高维森. 元谋侵蚀沟谷高投入开发治理及效益[J]. 山地研究, 1996(13): 195.
- [5] 纪中华. 干热河谷生态恢复研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2007.
- [6] 许大全. 光合作用午睡现象的生态、生理与生化[J]. 植物生理学通讯, 1990, 26(6): 5-10.
- [7] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 163-170.
- [8] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [9] 应叶青, 吴家胜, 戴文圣, 等. 桉木苗期光合特性研究[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 366-370.
- [10] 马焕成, 吴延熊, Mcconchie, J.A. 元谋干热河谷几种外来树种在旱季的光合特点[J]. 浙江林学院学报, 2001, 18(1): 46-49.