

网络优先数字出版时间: 2016-01-27

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20160127.1616.020.html>

# 广西道地药材战骨的光合特性研究\*

## Study on Photosynthetic Characteristics of *Premna fulva* Craib

史艳财<sup>1,2</sup>, 唐健民<sup>2</sup>, 王满莲<sup>2</sup>, 韦记青<sup>2\*\*</sup>

SHI Yancai<sup>1,2</sup>, TANG Jianmin<sup>2</sup>, WANG Manlian<sup>2</sup>, WEI Jiqing<sup>2</sup>

(1. 华南农业大学资源环境学院, 广东广州 510642; 2. 广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西桂林 541006)

(1. College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong, 510642, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guilin, Guangxi, 541006, China)

**摘要:**【目的】针对广西道地药材战骨(*Premna fulva* Craib)丰产、高产栽培技术研究缺乏的现状,对战骨光合特点进行测定与分析,旨在了解战骨的光合作用特征,为其人工种植提供科学依据。【方法】采用 Li-6400 便携式光合测定系统对战骨的光合作用-光响应曲线和光合日变化各指标进行测定。【结果】战骨叶片的最大净光合速率  $17.07 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,表观量子效率  $0.047 \mu\text{mol} \cdot \text{ml}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,暗呼吸速率  $0.620 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,光饱和点  $1364 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,光补偿点  $13.14 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。战骨的净光合速率( $P_n$ )日进程呈“双峰型”曲线,偏相关分析表明, $P_n$ 与光合有效辐射、气孔导度、蒸腾速率和叶温呈极显著正相关,光合“午休”的主要原因是强光引起的非气孔因素。【结论】战骨具阳生植物的光合特性,适宜种植在阳光充足的生境。**关键词:**战骨 光响应曲线 光合日变化 偏相关分析

中图分类号:R282.2 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2016)01-0021-05

**Abstract:**【Objective】To investigate the photosynthetic characteristics of *Premna fulva* Craib, and provide a theoretical basis for the high yield cultivation management. 【Methods】The net photosynthetic rate to light intensity response curves and diurnal variation of photosynthesis in the leaves of *P. fulva* were measured by Li-6400 portable photosynthesis measuring system. 【Results】The maximal net photosynthesis rate of *P. fulva* was  $17.07 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The apparent quantum yield was  $0.047 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The dark respiration rate was  $0.620 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The light saturation point was  $1364 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The light compensation point of photosynthesis was  $13.14 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Diurnal variation in net photosynthetic rate ( $P_n$ ) of *P. fulva* was two-peak pattern, and the main cause for the decline of photosynthetic rate was the non stomatal limitation. Partial correlation analysis showed

that, the  $P_n$  of *P. fulva* were significantly related to photosynthetically active radiation, stomatal conductance, transpiration rate and leaf temperature. 【Conclusion】*P. fulva* was a shrub shared similar photosynthetic characteristics with sun plants, which is suitable to plant in sunny habitats.

**Key words:** *Premna fulva* Craib, light response curve, diurnal variation of photosynthesis, partial correlation analysis

收稿日期: 2015-10-08

作者简介: 史艳财(1984—),男,博士,副研究员,主要从事植物生理生态学研究。

\* 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科重 1298001-2-5),广西植物研究所基本业务费项目(桂植业 12011)和桂林市科技攻关项目(20130414)资助。

\*\* 通讯作者: 韦记青(1968—),女,研究员,主要从事植物营养与栽培研究, E-mail: weijq@gxib.cn.

## 0 引言

**【研究意义】**战骨,学名黄毛豆腐柴(*Premna fulva* Craib),具有活血散淤、祛风止痛、强筋健骨等功效,植株的各个部位均可入药<sup>[1]</sup>。近年来,战骨的市场需求量逐年增长,但其来源主要是野生资源,而多年无序的乱采以及资源分布地的生境恶化导致野生资源匮乏,变野生为家种是使其满足市场需求的必经之路。**【前人研究进展】**目前,对于战骨的研究主要集中在生药学<sup>[2-3]</sup>、化学成分<sup>[4-5]</sup>、药理<sup>[6]</sup>及临床研究等方面。**【本研究切入点】**植物光合作用特点对于适当的栽培丰产技术的选择具有重要的参考意义。**【拟解决的关键问题】**对战骨光合特性进行测定与分析,为战骨的生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

野生战骨的成熟种子于2009年6月下旬采自广西天峨县,采回后及时去掉果实外面的果皮,沙藏保存。2010年2月播种于广西植物研究所种质资源圃内的温室大棚沙床。待幼苗株高约15 cm时移栽于桂林植物园空阔的旱地,常规管理。

### 1.2 方法

采用 Li-6400 便携式光合作用系统(LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA),选用4株长势基本一致的植株于2014年9月21日进行战骨叶片的光响应曲线( $P_n$ -PPFD曲线)测定。每株选取一张向阳叶片。将叶片在  $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光强下诱导30 min(活化光合系统,空气流速  $0.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ ,叶片温度  $27^\circ\text{C}$ ,  $\text{CO}_2$  浓度  $360 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ )。实验中设置的光强梯度为  $2000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。依据 Bassman 和 Zwier<sup>[7]</sup>的方法拟合  $P_n$ -PPFD 曲线方程: $P_n = P_{\max}(1 - C_o e^{-\Phi \text{PPFD}/P_{\max}})$ ,其中 PPFD 为光量子通量密度,  $P_{\max}$  为最大净光合速率,  $\Phi$  为弱光下光化学量子效率,  $C_o$  为度量弱光下净光合速率趋于0的指标。通过适合性检验,拟合效果良好(决定系数  $R^2 = 0.99$ ),然后计算光补偿点  $\text{LCP} = P_{\max} \ln(C_o)/$

$\Phi$ ,光饱和点  $\text{LSP} = P_{\max} \ln(100 C_o)/\Phi$ ,表观量子效率(AQY)为  $0 \sim 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光强范围内净光合速率与光强直线的斜率<sup>[8]</sup>。

光合作用日进程于2014年9月的晴天进行测定,所选叶片与测定光响应曲线时的叶片相同。从8:30开始,18:30结束,每隔30 min测定1次,每张叶片测定5次,取其平均值,取连续两天的平均值分析。测定的植物生理指标有净光合速率( $P_n$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、叶片与空气间的水汽饱和亏缺(PVD)等,测定的环境因子参数有叶温( $T_l$ )、光合有效辐射(PAR)、气温( $T_a$ )、空气相对湿度(RH)、大气  $\text{CO}_2$  浓度( $C_a$ )等,气孔限制值( $L_s$ ) =  $1 - C_i/C_a$  (文献<sup>[9]</sup>)。

相关性检验采用 SPSS 13.0 软件进行分析,拟合光响应曲线和绘图采用 Sigma Plot 9.0 软件。

## 2 结果和分析

### 2.1 战骨叶片净光合速率对光强的响应

如图1所示,  $0 \sim 300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  光强范围内,净光合速率( $Y$ )与光量子通量密度( $X$ )呈线性相关,超过该光强范围后,  $P_n$  随光强的增大呈逐步上升趋势,当光强为  $1400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右时,净光合速率达到最大值,此后再增大光强,  $P_n$  几乎不变。

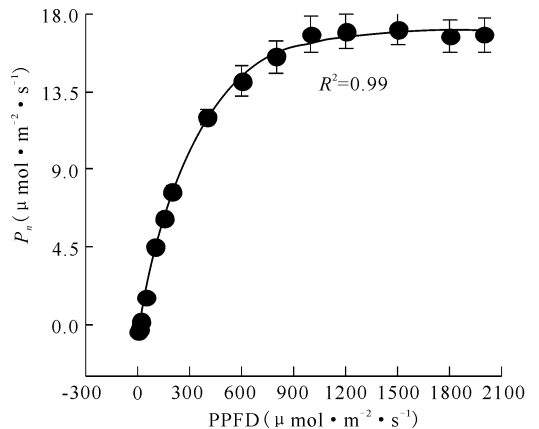


图1 战骨净光合速率对光强的响应

Fig. 1 The responses of net photosynthetic rate ( $P_n$ ) to photosynthetic photo flux densities (PPFD) in leaves of *P. fulva*

从线性相关方程和光合作用-光响应曲线方程可知,光合作用-光响应曲线的AQY为  $0.047 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,LSP为  $1364 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $P_{\max}$  为  $17.07 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,LCP为  $13.14 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

### 2.2 环境因子日变化

由图 2a 可知,光合有效辐射的日变化规律是先升后降,在 12:30 左右达到最大值,为  $1432 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,然后逐渐降低;大气  $\text{CO}_2$  浓度变化规律为先降后升,早晨最高,下午浓度逐渐升高但未达到早晨的水平。由图 2b 可知,空气温度、叶片温度和光合有效辐射 3 个指标的变化趋势基本一致,最高值出现在 13:30 左右;空气湿度先降后升,最小值出现在 13:30 左右,空气湿度的变化规律与温度的趋势相反。

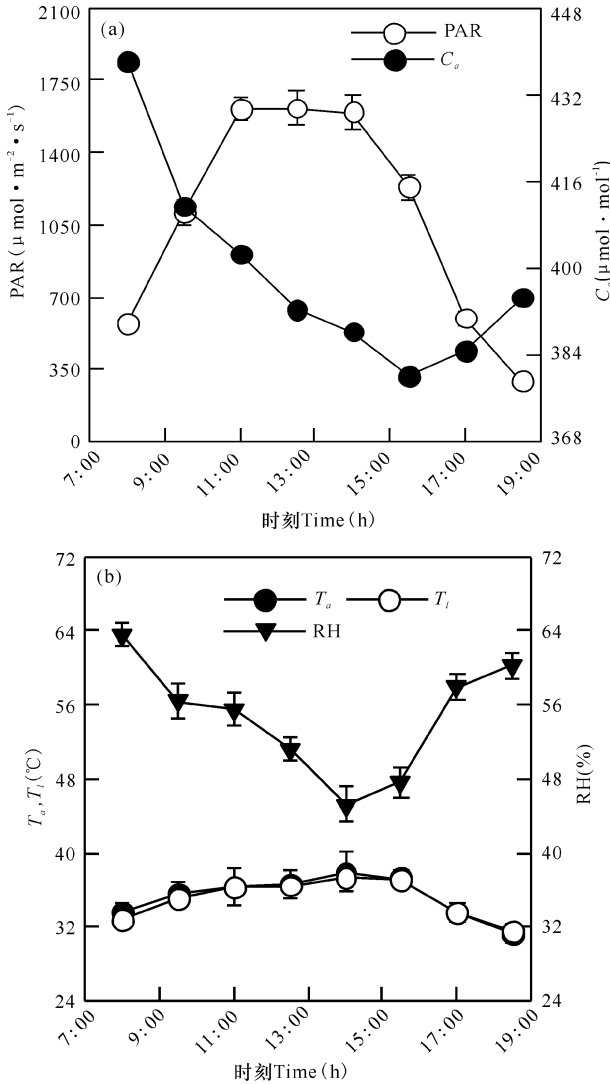


图 2 环境因子日变化

Fig. 2 Diurnal course variation of environmental factors

### 2.3 战骨叶片光合生理参数的日变化

由图 3a 可知,战骨叶片净光合速率第一高值出现在 12:30 左右,第二个峰在 15:30 左右,谷底出现时间为两个高峰之间,在 14:00 左右,该规律符合

植物光合作用的“午休”现象;叶片与空气间的水汽饱和亏缺和蒸腾速率两者都为先升后降趋势,峰值出现时间为 14:00 左右。如图 3b 所示,气孔导度日变化规律是先升后降,峰值为 11:30 左右;胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化总体呈先降后升的趋势,最低值为 15:30,在 12:30—14:00,  $P_n$  下降而  $C_i$  却增大;气孔限制值与  $C_i$  日变化趋势相反。

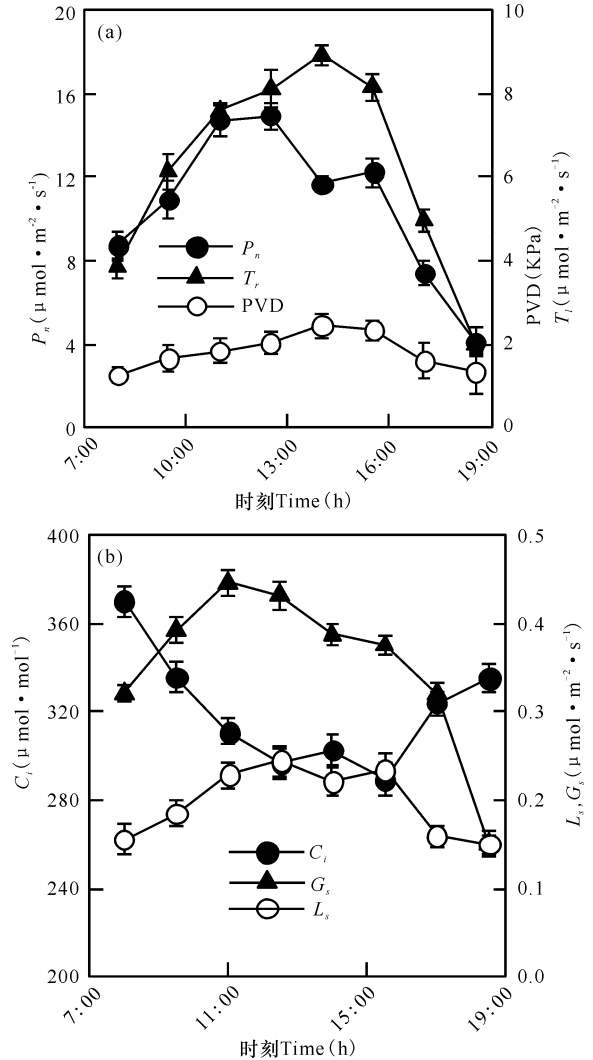


图 3 战骨光合生理参数日变化

Fig. 3 Diurnal course variation of photosynthetic variables of *P. fulva*

### 2.4 战骨叶片净光合速率与生理生态因子的相关分析

由表 1 偏相关分析结果可知  $P_n$  与光合有效辐射(PAR)、气孔导度( $G_s$ )、叶温( $T_l$ )、蒸腾速率( $T_r$ )都呈极显著正相关,影响大小依次为  $G_s > \text{PAR} > T_r > T_l$ ;另外在测定过程中,其它多数生理生态因子之间呈显著相关,说明光合作用是植物生理生态因子共同作用下的复杂过程。

表1 净光合速率与主要影响因子的相关系数

Table 1 The correlation coefficient between net photosynthetic rate and major influencing factors

因子 Factors	$G_s$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$C_i$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	$T_r$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	PVD(KPa)	$T_l$ (°C)	PAR ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$P_n$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
$G_s$	1	-0.474	0.865**	0.595	0.838**	0.898**	0.946***
$C_i$		1	-0.0.785*	-0.881**	-0.795*	-0.682	-0.601
$T_r$			1	0.916**	0.994***	0.945***	0.884**
PVD				1	0.929**	0.785*	0.654
$T_l$					1	0.940**	0.875**
PAR						1	0.939**
$P_n$							1

### 3 讨论

强的光合作用是植物积累有机物的前提和基础,最大净光合速率( $P_{\max}$ )、光补偿点(LCP)和光饱和点(LSP)等生理参数在给植物制定丰产栽培措施过程中起着重要的作用<sup>[10]</sup>。对于一般常见的灌木阳叶而言, $P_{\max}$ 、LSP、LCP分别为6~20  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、600~1000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、20~50  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,阴叶  $P_{\max}$ 、LSP、LCP分别为2~4  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、200~500  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、10~15  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (文献[11]),长势情况良好的植物 AQY 通常为 0.04~0.07  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (文献[9])。可见相对一般灌木而言,战骨  $P_{\max}$  和 LSP 较高,LCP 和 AQY 较低,即强光下光合能力较高,但弱光下量子效率较低,对强光的利用能力较强,对弱光的利用能力较弱,属典型的阳生植物。

植物进行物质积累与生理代谢能力的强弱可通过其光合作用日进程反映<sup>[10]</sup>,植物光合作用日进程是研究环境因子影响植物生长的重要手段。本实验的测定结果显示,战骨发生了光合“午休”现象。Farquhar 等<sup>[12]</sup>的研究认为,如果  $C_i$  降低和  $L_s$  升高,则可以判定气孔导度下降是光合速率降低的主要原因,相反,如果  $L_s$  降低和  $C_i$  升高,则说明非气孔因素引起了光合速率下降。在测定过程中,在12:30—14:00,战骨的  $C_i$  上升  $L_s$  降低,说明战骨非气孔限制即叶肉细胞光合活性的下降引起  $P_n$  下降,气孔因素不是影响叶片光合“午休”的主要因素。强光、低湿、高温以及气孔导度降低都可能造成这一现象发生。在实验期间,光合有效辐射从11:00便高于战骨的光饱和点(1363.74  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),强光可能引起空气温度上升、湿度下降以及叶面饱和蒸汽压亏缺上升,最终导致气孔导度下降进而间接引起“午

休”现象发生<sup>[13]</sup>。偏相关分析表明(表1), $P_n$  与光合有效辐射(PAR)和叶温( $T_l$ )极显著相关,表明夏天晴日天气下,强光辐射不仅直接通过降低叶肉细胞光合活性造成战骨的光合“午休”,而且间接导致气孔导度下降,从而降低净光合速率。

战骨为生长速率较快的灌木,具阳生植物的光合特性,夏日中午强光虽然对其光合速率有一定的影响,但光合“午休”的时间短,且恢复能力较强,因此宜种植在阳光充足的环境。

#### 参考文献:

- [1] 广西壮族自治区卫生厅. 广西中药材标准[M]. 南宁: 广西科学技术出版社,1992:72.  
The Guangxi Zhuang Autonomous Region Health Department. Traditional Chinese Medicine in Guangxi [M]. Nanning: Science and Technology Press of Guangxi, 1992:72.
- [2] 蒋才武,曾春晖,刘寿养. 壮族药战骨的性状与显微鉴别[J]. 中药材,2004,7(11):811-813.  
JIANG C W, ZENG C H, LIU S Y. Characteristics and microscopic identification of the Zhuang medicine, *Premna fulva* Craib[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2004, 7(11): 811-813.
- [3] 黄祥远,张可锋. 黄毛豆腐柴的生药学研究[J]. 中国民族民间医药,2007,88(5):275-276.  
HUANG X Y, ZHANG K F. The study on pharmacognosy of *Premna fulva* Craib[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2007, 88(5): 275-276.
- [4] 曾谕,刘成基,孟宝华. 黄毛豆腐柴茎皮乙酸乙酯部分的化学成分研究[J]. 中草药,1990,21(5):8-10.  
ZENG Q, LIU C J, MENG B H. The constituents from petroleum ether fraction of the stem bark of *Premna fulva* Craib[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs,

- 1990,21(5):8-10.
- [5] 戴春燕,陈光英,朱国元,等.战骨茎石油醚部分的化学成分研究[J].海南师范学院学报:自然科学版,2006,19(1):50-51.
- DAI C Y, CHEN G Y, ZHU G Y, et al. Study on the chemical constituents from petroleum ether fraction of the stem of *Premna fulva* Craib[J]. Journal of Hainan Normal University: Natural Science, 2006, 19(1): 50-51.
- [6] 林军,杨斌,陈家欢,等.黄毛豆腐柴茎提取物改善微循环、保护坐骨神经和软组织损伤的实验研究[J].广西医科大学学报,2001,18(2):207-208.
- LIN J, YANG B, CHEN J H, et al. Experimental study of the effect the extracts from stalk of *Premna fulva* Craib on microcirculation and sciatic nerve in jury soft tissue injury in mice[J]. Journal of Guangxi Medical University, 2001, 18(2): 207-208.
- [7] BASSMAN J, ZWIER J C. Gas exchange characteristics of *Populus trichocarpa*, *Populus deltoids* and *Populus trichocarpa* × *P. deltoids* clone[J]. Tree Physiol, 1991, 8: 145-159.
- [8] 温达志.大气二氧化碳浓度增高与植物水分利用效率[J].热带亚热带植物学报,1997,5(3):83-90.
- WEN D Z. Recent studies on plant water ues efficiency under elevated atmospheric concentrations of carbon dioxide[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 1997, 5(3): 83-90.
- [9] BERRY J A, DONNTON W J S. Environmental regulation of photosynthesis [C]//Photosynthesis. New York: Academic Press, 1982: 263-243.
- [10] 周红英,王建华,房信胜,等.野葛叶片光合特性及其与环境因子的相互关系[J].中国中药杂志,2008,33(22):2595-2598.
- ZHOU H Y, WANG J H, FANG X S, et al. Realation between photosynthetic characteristics and environment factors in leaves of *Pueraria lobata* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2008, 33(22): 2595-2598.
- [11] WALTER L. 植物生态生理学:第五版[M].翟志习,郭玉海,马永泽,等,译.北京:中国农业大学出版社,1997:67-78.
- WALTER L. Plant Ecophysiology: 5th[M]. Translated by ZHAI Z X, GUO Y H, MA Y Z, et al. Beijing: Press of Chinese Agriculture University, 1997: 67-78.
- [12] FARQUHAR G D, SHAKEY T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1982, 33: 317-345.
- [13] 张新慧,张恩和.当归叶片光合参数日变化及其与环境因子的关系[J].西北植物学报,2008,28(11):2314-2319.
- ZHANG X H, ZHANG E H. Diurnal dynamics of photosynthetic parameters in leaves of *Angelica sinensis* and its relation to environmental factors[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2008, 28(11): 2314-2319.

(责任编辑:竺利波)