

马鹿花光合和水分生理生态特性的日变化

谷勇¹, 唐春云², 吴昊¹, 黄小波^{1,3}, 王鲜艳^{1,3}

1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 昆明 650224
2. 怒江州林业科学研究所, 云南怒江 673100
3. 西南林业大学环境科学与工程学院, 昆明 650224

摘要 为研究马鹿花光合参数的日变化规律及其与空气相对湿度 RH 、大气 CO_2 浓度 C_a 、大气温度 T_a 、叶温 T_l 、光合有效辐射 PAR 、叶面水汽压亏缺 VPD 等主要影响因子间的关系, 使用 Li-6400 便携式光合测定仪对马鹿花光合作用和水分生理生态特征参数进行测定。结果表明, 马鹿花净光合速率 P_n 的日变化呈双峰型, 峰值分别出现在 12:00 前后和 16:00 前后, 出现“光合午休”现象; 蒸腾速率 T_r 呈单峰型, 在 16:00 达到峰值; 水分利用效率 WUE 呈双峰型, 上午高于下午。 P_n 对 PAR 、 T_a 和 RH 的响应程度不同, 但均达到显著水平。马鹿花各参数间存在复杂的相关性, 随着蒸腾速率增大, 气孔导度增大, 胞间 CO_2 浓度减小, 净光合速率升高, 且影响马鹿花 P_n 下降的因素主要是非气孔因素。

关键词 马鹿花; 净光合速率; 水分生理特征

中图分类号 S718.3

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.20.012

Daily Variations of Photosynthesis Parameter and the Effect of Environmental Factors on *Pueraria wallichii* DC.

GU Yong¹, TANG Chunyun², WU Hao¹, HUANG Xiaobo^{1,3}, WANG Xianyan^{1,3}

1. Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China
2. Research Institute of Forestry Science of Nujiang Prefecture, Nujiang 673100, Yunnan Province, China
3. College of Environment Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China

Abstract For a general study of the daily variation regulation on the photosynthetic parameters and its relation with the main impact factors about relative humidity RH , atmospheric CO_2 concentration C_a , atmospheric temperature T_a , leaf temperature T_l , photosynthetic active radiation PAR , vapor pressure deficit on leaf VPD of *Pueraria wallichii* DC., photosynthesis and water physiological characters of *P. wallichii* DC. on the Ordos plateau during the growth season were measured using LI-6400 portable photosynthesis system. The results showed that the net photosynthetic rate P_n of *P. wallichii* DC. had a diurnal change with two peaks at 12:00 and 16:00, exhibiting an obviously phenomena of photosynthetic midday depression. The transpiration rate T_r took on a curve with only one peak, which reached the highest value at 16:00. The water use efficiency WUE had a diurnal change with two peaks and it was higher in the morning than in the afternoon. The responsiveness of P_n to PAR , T_a and RH was different and significant. This result shows that there is the complicated relation among the parameters of coefficient, with increase of net photosynthetic rate, increase of transpiration rate, increase of stomatal conductance, decrease of intercellular CO_2 concentration, and the decline of red deer spend P_n is not mainly affected by stomatal factors.

Keywords *Pueraria wallichii* DC.; net photosynthesis rate; water physiological characters

0 引言

光合作用是绿色植物物质生产的基础^[1-3], 是植物最重要的生理过程和评价植物第一生产力的标准之一, 直接影响着

生态系统水热平衡和物质循环过程。近年来因人口迅速膨胀, 光合作用已不仅仅是生命科学中的重大基础理论问题, 还与当今人类面临的粮食危机、能源危机、资源危机和环境

收稿日期: 2013-02-27; 修回日期: 2013-03-19

基金项目: 国家林业科学技术推广项目

作者简介: 谷勇, 副研究员, 研究方向为干热河谷及岩溶地区的植被恢复, 电子信箱: caguyong@163.com

危机等问题的解决密切相关^[5,6]。因此,光合作用研究具有重要的理论和实践意义,受到人们的重视与关注,成为植物生理学、生理生态学研究中的热点问题^[4]。

瓦氏葛藤(*Pueraria wallichii* DC.),又名马鹿花、喜马拉雅葛藤,蝶形花科(Papilionaceae)、葛藤属(*Pueraria* DC.)^[7-10],原产于南亚热带的疏林丛中,具有喜温、不耐寒、耐旱、耐瘠薄、速生、萌生力强、生物量大等特点。目前已在澜沧江、珠江、怒江流域作为云南干热河谷的先锋树种大面积推广种植,起到了很好的植被恢复、水土保持效果^[11]。但关于马鹿花光合特性方面的研究尚无报道。本文观测了马鹿花叶片光合特性的日变化,并研究了环境因子与光合作用的关系,旨在揭示马鹿花光合特性的日变化规律及水分利用生理变化特点,为充分利用马鹿花资源提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区设在云南省怒江州泸水县六库镇小沙坝,样地位于 98°50'34.4"E, 25°53'12.1"N,海拔高度 897m,属亚热带季风气候;≥10℃的活动积温 7374℃,年平均日照时数 1889.2h,日照百分率 43%,年均温 20.1℃,最冷月月均温 9.1℃,最热月月均温 24.8℃,年极端最高温度 39.8℃,年极端最低温度 3.7℃;全年无霜,年平均降雨量 1001.6mm;土壤为山地红壤,母质岩为石灰岩;群落结构为干热河谷稀树灌草丛。

1.2 研究方法

1.2.1 取样方法

在所设样地内随机选取长势良好的 15 株马鹿花作为测定株,每株选择中部不同方向有代表性的马鹿花叶片 5 片,做好标记。

1.2.2 测定方法

2011 年 12 月中旬,利用美国 LI-COR 公司生产的 Li-6400 便携式光合作用测定系统,选择已做好标记的健康植株中部向阳面叶片,从 8:00—18:00 每隔 2h 测定 1 次。测定的环境指标:光合有效辐射($PAR, \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、大气 CO_2 浓度($C_a, \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)、气孔导度($G_s, \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度($C_i, \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)、叶面水汽压亏缺(VPD, kPa)、气温($T_a, ^\circ\text{C}$)、叶温($T_l, ^\circ\text{C}$)、空气相对湿度($RH, \%$)。测定的生理指标:净光合速率($P_n, \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率($T_r, \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。每次测定 5 片叶片,取平均值,测定重复 3 次。为避免不同叶片对光照强度反应的差异,测定时取相近部位长势相同的叶片进行观测。

光能利用效率: $LUE=P_n/PAR$;气孔限制值: $L_s=(C_a-C_i)/(C_a-J)$ (J 为 CO_2 补偿点,在此忽略不计);水分利用效率: $WUE=P_n/T_r$ 。

1.3 数据处理

使用 Excel 2003 进行数据统计分析,SPSS 17.0 进行相关性分析及回归分析。

2 结果与分析

2.1 生理生态因子的日变化

表 1 为测定当日 $RH, C_a, T_a, T_l, PAR, VPD$ 等环境因子及 G_s, T_r, C_i 等生理因子的日变化。从表 1 可以得出, RH 在 10:00 最高,之后呈下降趋势,至 14:00 左右出现全天的最低值,而后又逐渐回升。 C_a 的变化趋势为先降后升,其最低值出现在 10:00 左右。 T_a, T_l 和 PAR 的变化趋势基本一致,均表现为先上升后下降, PAR 在 08:00 左右出现一低值。 VPD 最低值出现在 08:00,最大值出现在 16:00 左右,全天的变化幅度不大。 G_s 的日变化表现为下午 14:00 较低,最大值出现在 12:00 左右。 T_r 日变化趋势与 C_i 的日变化趋势相似,两者最大值均出现在 16:00 左右。

表 1 生理生态因子日变化观测值

Table 1 Diurnal variation affected by environment and physiological factors

测量时间	$RH/\%$	$C_a/(\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1})$	$T_a/^\circ\text{C}$	$T_l/^\circ\text{C}$	VPD/kPa	$PAR/(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$G_s/(\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$	$C_i/(\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1})$	$T_r/(\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$
08:00	31.82	342.56	13.46	14.49	1.0083	4.76	0.02787	340.52	0.3070
10:00	35.10	334.78	15.14	14.07	1.0428	28.43	0.02685	240.69	0.3063
12:00	27.62	355.70	17.25	20.58	1.7650	1485.88	0.04539	219.71	0.8673
14:00	14.47	354.79	28.99	33.61	4.4575	773.20	0.02346	242.13	1.1759
16:00	15.28	389.34	29.01	34.13	4.5425	1324.83	0.02520	351.52	1.2929
18:00	34.41	393.88	21.21	20.46	1.4806	25.06	0.02587	315.28	0.2616

2.2 马鹿花光合参数日变化

2.2.1 净光合速率与光能利用效率日变化

马鹿花 P_n 的日变化表现为双峰曲线,净光合速率 12:00 达到峰值,随后开始急速下降,表现出“午休”现象;到 16:00 时出现第二个峰值,但远小于第一个峰值,只有第一个峰值的 42.15%(图 1(a))。这说明,怒江州冬季下午的高温、高光强

和干燥条件不利于马鹿花进行光合作用, P_n 进入低谷,而在气温适中的 12:00 和 16:00 光合作用得到补偿, P_n 达到高峰。

LUE 的日变化规律呈双峰曲线,且第一个峰值略小于第二个峰值(图 1(a))。对比 PAR 和 LUE 的日变化可发现, 08:00—12:00 LUE 随着 PAR 的增强先增大后减小,到 12:00 当 PAR 达到最大时 LUE 最低;虽然 12:00 后 PAR 随着气温

升高而降低,但马鹿花的 LUE 并没有随之降低,而是在 18:00 左右又出现一个利用高峰。这说明马鹿花的 LUE 与 PAR 并不是成简单的线性正相关关系,而是受到其他因素的综合影响。

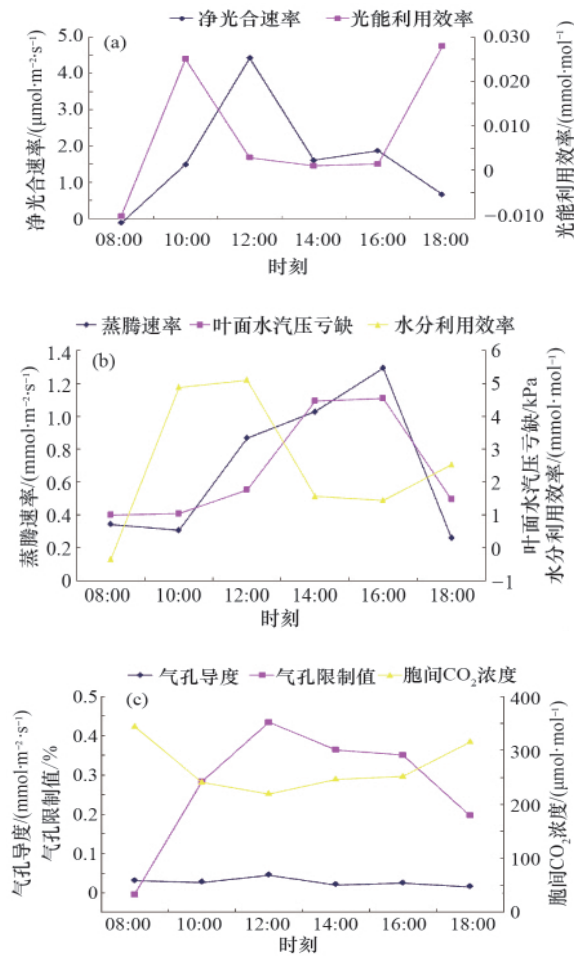


图 1 马鹿花叶片光合特征参数日变化

Fig. 1 Diurnal variation of leaf photosynthetic parameters of *P. wallichii* DC.

2.2.2 蒸腾速率、叶面水汽压亏缺和水分利用效率日变化

T_r 是植物水分代谢强弱的一个重要生理指标。一般来

说, P_n 越高 T_r 也越高, 这是因为光合作用需要水分以及通过水分运载的矿质营养成分的不断供应。但是, 马鹿花的 T_r 日变化趋势却表现为单峰曲线, 最高峰出现在 16:00, 峰值为 $1.29\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (图 1(b)), 说明在高温、高光强和干燥的下午, 马鹿花水分代谢加速会导致蒸腾速率加快。VPD 的日变化呈上升趋势, 且在 14:00 出现一个峰值, 这与大气相对湿度的日变化表现出相反的趋势。可见, RH 密切影响着 VPD。马鹿花 WUE 的日变化趋势表现为双峰曲线, 两个高峰分别出现在 12:00 和 18:00, 第一个峰值大于第二个峰值。

2.2.3 气孔导度、胞间 CO_2 浓度和气孔限制值日变化

通常 G_s 大说明气孔开度大, 对水分传输的阻力小, 植物能够顺利地进行水、气交换; 而 G_s 小表明气孔开度小, 对水分传输的阻力大, 可抑制水分流失, 且 G_s 与 P_n 、 T_r 有密切的关系。试验结果表明(图 1(c)), G_s 从 08:00 到 10:00 呈下降趋势, 到 14:00 达到最低, 16:00 左右又有小幅度的升高, 与 P_n 和 T_r 的变化趋势表现不一致。这说明, 在高温、高光强和高干燥时, 马鹿花气孔导度降低, 以防止过度蒸腾而丧失水分。植物针对外界环境条件变化与植株自身状况, 通过调节气孔的关闭程度, 在保持植株正常生理活动的前提下, 达到最大 CO_2 固定量与最小水分散失量, 即马鹿花通过对气孔的调节来适应干旱、高温的气候条件, 这是其生理适应机制的表现。

气孔限制值反映植物叶片对大气 CO_2 相对利用率的大小。马鹿花气孔限制值从 08:00 到 12:00 急剧上升至最大值。根据 Farquhar 和 Sharkey^[12] 的报告, 当光合速率和胞间 CO_2 浓度变化方向相同且气孔限制值增大时, 才可以认为光合速率的下降主要是由气孔因素导致; 当光合速率和胞间 CO_2 浓度变化方向相反且气孔限制值减小时, 则净光合速率下降归因于叶肉细胞同化能力的降低。结合图 1(a) 和图 1(c) 可以得出, 当胞间 CO_2 浓度和净光合速率变化方向相反, 表明 P_n 午间降低并不是由气孔限制因素引起叶肉细胞间 CO_2 不足造成的, 而是由非气孔因素引起的叶片光合能力降低造成的。

2.3 马鹿花光合和水分生理生态特性间的关系

由表 2 可知, 马鹿花各参数间有较为复杂的相关关系, 净光合速率与其他光合特征指标之间都存在一定的相关性。

表 2 马鹿花叶片光合和水分生理生态特性间的相关性

Table 2 Correlation analysis of leaf photosynthetic parameters of *P. wallichii* DC.

	P_n	T_r	G_s	C_i	VPD	LUE	WUE
P_n	1						
T_r	0.590**	1					
G_s	0.710**	0.330**	1				
C_i	-0.810**	-0.611**	-0.378**	1			
VPD	0.155**	0.769**	-0.267**	-0.349**	1		
LUE	0.125*	-0.263**	-0.302**	-0.266**	-0.204**	1	
WUE	0.664**	-0.062	0.394**	-0.659**	-0.328**	0.626**	1

注: * 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著。

Notes: * and ** mean significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

马鹿花的 P_n 与 G_s 的相关关系达到极显著水平, 相关系数为 0.710; 与 T_a 、 VPD 和 WUE 呈极显著正相关关系, 与其他各指标之间都存在一定的相关性。 T_a 和 G_s 作为重要的生理因子影响着马鹿花的 P_n , 而 P_n 又明显影响 G_s 和 WUE 的大小。马鹿花的 G_s 与 VPD 成极显著负相关关系, 与 WUE 成极显著正相关关系, 说明 VPD 对 G_s 的影响相对较大。结果表明, 随着蒸腾速率增大, 气孔导度增大, 胞间 CO_2 浓度减小, 其净光合速率升高。

2.4 净光合速率对环境因子的响应

马鹿花叶片的生理指标 P_n 与环境指标 PAR 、 T_a 及 RH 之间的关系符合二次曲线的变化规律。 P_n 对 PAR 、 T_a 和 RH 的响应程度不同, 但均达到显著水平 (R^2 分别为 0.357、0.244、0.202, $P < 0.05$, 表 3)。

表 3 马鹿花光合作用的环境因子响应特性

Table 3 Environmental factors response characteristics of photosynthesis of *P. wallichii* DC.

环境因子	回归方程
PAR	$y = -47.961x^2 + 516.05x + 253$
T_a	$y = -1.373x^2 + 6.763x + 18.16$
RH	$y = 1.44x^2 - 6.483x + 30.55$

3 讨论

光合作用是植物十分复杂的生理过程, 叶片光合速率与自身因素 (如叶绿素含量、叶片厚度、叶片成熟度等) 密切相关, 也受光照强度、气温、空气相对湿度、土壤含水量等外界因子影响^[13]。在自然条件下, 马鹿花 P_n 的日变化呈双峰型, 表现出“光合午休”现象。这种现象比较普遍, 并不是某一种植物所特有的, 是植物在长期进化过程中适应干旱环境而产生的一种生理现象。云南怒江峡谷地区有明显的旱季和雨季之分, 本次监测的季节为旱季, 马鹿花光合速率的日变化为双峰型, 两峰值分别出现在上午的 12:00 前后和下午的 16:00 前后, 且第一个峰值远大于第二个峰值, 在 14:00 前后出现最低值, 表现出“午休”现象。但“午休”现象出现较晚, 这可能与怒江峡谷地区的区域环境有关。呈南北走向的怒江大峡谷在观测期间的日出时间和日落时间分别为 11:34 和 17:12, 14:00 时太阳照射差不多与西坡呈垂直角度, 此时的大气湿度最低, 这与许大全的研究正好吻合; 再者, 中国所用时间为北京时间, 怒江地处滇西, 时差导致最高温度滞后也是“午休”现象出现较晚的一个重要原因。而马鹿花在雨季是否也表现出“午休”现象还有待研究。

云南省怒江州地区有明显的雨季和旱季之分。在旱季, 土壤干旱常常是制约植物光合生产的主要因子。从 G_s 的日变化可以得出, 在日间光合有效辐射急速下降时, 马鹿花根据气温调节气孔导度, 以防止水分的过度散失, 这是马鹿花耐干旱的生理机制之一。测定还发现, 14:00 时 VPD 达到最大,

RH 最小, 依照这样的环境条件蒸腾应最强, 但蒸腾速率日变化测定表明, 下午 16:00 蒸腾达到高峰, 以后逐渐下降。这主要是由于 14:00 气孔导度达到最低, 避免了植物因过度蒸腾散失大量的水分。

马鹿花 WUE 的日变化趋势表现为上午的 WUE 要高于下午的, 这是因为上午的 RH 高于下午的, 植物能以较低的水分代价得到更多的光合产物, 提高了 WUE 。马鹿花 LUE 在 18:00 显著增大, 且达到全天的最大值, 而此时光合有效辐射相对较低, 说明马鹿花有较强的光能利用能力。相关分析结果表明, 马鹿花 LUE 与 WUE 有显著的正相关性, 说明其光能和水资源利用能力同步。

马鹿花的气孔导度变化规律为: 从早晨开始逐渐下降, 14:00 G_s 降至最低, 下午 16:00 略有升高。14:00 马鹿花处于高温、高辐射、高干燥度及高的叶面水汽压亏缺环境, 马鹿花通过调节气孔导度, 减小过度蒸腾, 避免体内水分的流失, 以维持正常的生命活动。马鹿花叶片 P_n 随 PAR 、 T_a 和 RH 的变化而变化, 但与不同环境因子的相关程度不同。 P_n 与 PAR 、 T_a 和 RH 的相关程度均达到显著水平, 说明在干热河谷地区, T_a 和 RH 对马鹿花光合作用影响相对较大。

4 结论

(1) 马鹿花光合速率日变化为双峰型, 其峰值出现在上午的 12:00 前后和下午的 16:00 前后, 且影响马鹿花光合速率下降的因素主要是非气孔因素。

(2) 马鹿花各参数间有较复杂的相关关系, 净光合速率与其他光合特征指标间都存在一定的相关性, 且与气孔导度的相关性极为显著。随着蒸腾速率增大, 气孔导度增大, 胞间 CO_2 浓度减小, 其净光合速率升高。此外, 马鹿花的净光合速率与环境指标 PAR 、 T_a 及 RH 之间还符合二次曲线的变化规律。

(3) 马鹿花通过调节气孔导度, 减小过度蒸腾, 避免体内水分的过度流失, 以维持正常的生命活动。

参考文献 (References)

- [1] 王满莲, 韦霄, 蒋运生, 等. 野生与栽培黄花蒿净光合速率对光强和 CO_2 浓度的响应[J]. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(1): 45-49.
Wang Manlian, Wei Xiao, Jiang Yunsheng, et al. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2007, 15(1): 45-49.
- [2] 王征宏, 邓西平, 刘立生, 等. 干旱对不同冬小麦旗叶光合产物供应能力的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(5): 81-88.
Wang Zhenghong, Deng Xiping, Liu Lisheng, et al. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2009, 37(5): 81-88.
- [3] 丛伟, 李霞, 盛婧, 等. 南京夏季不同叶位凤眼莲叶片光合作用的日变化及其生态因子分析[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(3): 0445-0451.
Cong Wei, Li Xia, Sheng Jing, et al. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2011, 33(3): 445-451.
- [4] 刘佳, 杨九艳, 张璞进, 等. 狭叶锦鸡儿光合及水分生理生态特性的日变化研究[J]. 中国草地学报, 2011, 33(2): 75-81.
Liu Jia, Yang Jiuyan, Zhang Pujin, et al. Chinese Journal of Grassland, 2011, 33(2): 75-81.

- [5] 杜林方. 光合作用研究的一些进展[J]. 世界科技研究与进展, 1999, 1(1): 58-62.
 Du Linfang. Research and Development of Science and Technology in the World, 1999, 1(1): 58-62.
- [6] 黄丽, 王德炉, 谭芳林. 林木光合生理生态研究概述[J]. 防护林科技, 2010, 98(5): 63-66.
 Huang Li, Wang Delu, Tan Fanglin. Protection Forest Science and Technology, 2010, 98(5): 63-66.
- [7] 谷勇, 邹恒芳, 孙汝林, 等. 马鹿花受冻害与恢复能力的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(3): 328-331.
 Gu Yong, Zou Hengfang, Sun Rulin, et al. Forest Research, 2001, 14(3): 328-331.
- [8] 谷勇, 邹恒芳, 周榕, 等. 施肥放养紫胶对马鹿花结籽的影响 [J]. 西南林学院学报, 2002, 22(4): 38-40.
 Gu Yong, Zou Hengfang, Zhou Rong, et al. Journal of Southwest Forestry College, 2002, 22(4): 38-40.
- [9] 谷勇, 潘学正. 瓦氏葛藤造林技术[J]. 云南林业科技, 1999, 86(1): 80-83.
 Gu Yong, Pan Xuezheng. Yunnan Forestry Science and Technology, 1999, 86(1): 80-83.
- [10] 张建云, 安银岭, 李正红, 等. 马鹿花化学成分研究初探[J]. 林产化学与工业, 2001, 21(2): 67-70.
 Zhang Jianyun, An Yinling, Li Zhenghong, et al. Chemistry and Industry of Forest Products, 2001, 21(2): 67-70.
- [11] 吕福基. 木本豆类蛋白植物马鹿花[J]. 饲料研究, 1999(9): 20-21.
 Lü Fuji. Feed Research, 1999(9): 20-21.
- [12] Fqrquhar G D, Sharkey T D. Stomata conductance and photosynthesis [J]. Annual Review Plant Physiologic, 1982, 33: 317-345.
- [13] 王旭军, 吴际友, 唐水红, 等. 红榉光合生理特性日变化规律[J]. 湖南林业科技, 2012, 39(1): 10-13.
 Wang Xujun, Wu Jiyu, Tang Shuihong, et al. Hunan Forestry Science and Technology, 2012, 39(1): 10-13.

(责任编辑 王媛媛)

· 学术动态 ·



“老科学家学术成长资料采集工程”第一批丛书发布

2013年6月17日,“老科学家学术成长资料采集工程”第一批丛书发布仪式在北京举行,中国科协党组书记、书记处第一书记申维辰等领导,采集工程丛书特邀顾问樊洪业,采集工程首席专家、丛书编委会主任张藜等编委出席,中国科协党组成员、书记处书记王春法主持仪式。

“老科学家学术成长资料采集工程”由中国科协牵头,于2010年正式启动,系统采集反映老科学家家庭背景、求学历程、师承关系,尤其是对老科学家日后科学成就产生深刻影响的工作环境、学术交往中关键节点和重要事件的口述历史资料,以及真实反映老科学家学术思想、观点和理念产生、形成、发展过程的实物资料和图像资料等,集中整理存储,进行数字化加工和宣传展示。

“老科学家学术成长资料采集工程”第一批传记丛书,由中国科学技术出版社出版发行,分别为:

《卷舒开合任天真:何泽慧传》

《做一辈子研究生:林为干传》

《举重若重:徐光宪传》

《从红壤到黄土:朱显谟传》

《梦里麦田是黄金:庄巧生传》

《此生情怀寄树草:张宏达传》

《山水人生:陈梦熊传》

《大地希声:应崇福传》

《剑指苍穹:陈士橹传》

《寻找地层深处的光:田在艺传》

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35473/n35518/14807639.html>。