

# 河北核桃 (*Juglans hopeiensis* Hu) 光合特性的研究

王红霞<sup>1</sup> 张志华<sup>1\*</sup> 王文江<sup>1</sup> 高 仪<sup>1</sup> 孙红川<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>河北农业大学山区研究所, 保定 071001; <sup>2</sup>定州市林业局, 定州 073000)

**摘 要:** 以河北核桃 ‘艺核 1 号’ 等为试材, 利用 CF301PS 便携式光合作用测定仪, 在田间条件下, 研究了河北核桃的光合特性。结果表明: ‘艺核 1 号’ 光饱和点为  $1643 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, 光补偿点为  $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, 最适温度为  $29^\circ\text{C}$ ; 光合速率日变化为 “中午降低型” 的双峰曲线; 净光合速率的季节变化为双峰曲线, 第 1 峰出现在 5 月中旬, 第 2 峰出现在 8 月上旬; 影响光合速率日变化的主要因子依次是气孔导度、光合有效辐射、叶温、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率。河北核桃净光合速率低于普通核桃, 接近于核桃楸。

**关键词:** 核桃; 河北核桃; 光合特性

**中图分类号:** S 663 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 03-0392-05

## Studies on Photosynthetic Characteristics of *Juglans hopeiensis* Hu in the Field

Wang Hongxia<sup>1</sup>, Zhang Zhihua<sup>1\*</sup>, Wang Wenjiang<sup>1</sup>, Gao Yi<sup>1</sup>, and Sun Hongchuan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Mountainous Areas Research Institute, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; <sup>2</sup>Forestry Bureau of Dingzhou, Dingzhou 073000, China)

**Abstract:** Photosynthetic characteristics of *Juglans hopeiensis* Hu ‘Yihe 1’ were studied by an open gas analysis system of model CF301PS in the orchard. The results indicated that the light compensation and light saturation points of *Juglans hopeiensis* Hu were  $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $1643 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , respectively. The optimum temperature of Pn was  $29^\circ\text{C}$ . The curve of diurnal variation of Pn in *Juglans hopeiensis* Hu showed two peaks with a minimum at noon. Two peaks appeared in the curve of seasonal variation of Pn of *Juglans hopeiensis* Hu, the first peak occurring in May, and the second peak occurring in August. The diurnal change of Pn in *Juglans hopeiensis* Hu was influenced by stomatal conductance, PAR (photosynthetic available radiation), leaf temperature, intercellular  $\text{CO}_2$  concentration and transpiration rate. The Pn of *Juglans hopeiensis* Hu were lower than that of English walnut, and approached that of Manchurian walnut.

**Key words:** Walnut; *Juglans hopeiensis* Hu; Photosynthetic characteristics

河北核桃 (*Juglans hopeiensis* Hu) 又称麻核桃<sup>[1]</sup>, 因原产河北而得名, 是我国独有的珍稀核桃种质资源, 因其坚果具有较高的欣赏价值而正在由野生状态向规模栽培发展。光合作用是绿色植物重要的生理过程, 通过测定核桃叶片的各种光合参数, 对制定合理的栽培技术措施, 具有重要意义。但有关核桃光合特性的研究多集中于普通核桃、核桃楸和美国山核桃<sup>[2~6]</sup>等, 河北核桃光合特性的研究尚属空白。本试验以河北核桃 ‘艺核 1 号’ 等为试材, 系统测定了叶片的光合特性, 旨在为河北核桃栽培管理等提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2002 年 4 ~ 10 月在定州市小奇连果园核桃高接园和河北农业大学标本园核桃园进行。前

收稿日期: 2004 - 08 - 20; 修回日期: 2005 - 01 - 31

基金项目: 河北省科技攻关项目 (03220141D); 河北省自然科学基金项目 (303228)

\*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: zzhy@tom.com)

者位于唐河故道, 砂壤, 肥力较差, 核桃高接园砧木为 27年生实生核桃, 于 1998年春高接, 株行距 7 m × 8 m, 试材为河北核桃品种 ‘艺核 1号’; 后者位于保定市郊区, 为冲积平原潮土, 粘壤, 肥力中等, 核桃品种园为 1997年定植的实生苗, 株行距 2 m × 6 m, 2001年高接, 试材包括 4个河北核桃品系 (艺核 1号、仙栖洞、杨家坪和王洞)、1个核桃楸单株和 8个普通核桃品种。

## 1.2 方法

叶片净光合速率用美国 CD 公司生产的 CF301PS 便携式光合仪测定, 在田间活体条件下进行, 参考气源来自 3 m 高处, 同时测定叶片净光合速率 ( $P_n$ )、光合有效辐射 (PAR)、细胞间隙  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ )、蒸腾速率 ( $E$ )、气孔导度 ( $G_s$ ) 和叶温 ( $T_L$ ) 等参数。

光合有效辐射及叶温—净光合速率响应曲线的测定: 用 CF301LA 光照装置, 在 PAR 0 ~ 2000  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  范围内进行连续测定。用 CF301CS 温度控制系统, 在 15 ~ 45 之间进行连续测定, PAR 大小为 1600  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。重复 3 次。

选树势较一致的树 5 株, 每次在树冠向阳面选 2 片中部枝条中部复叶的顶叶进行净光合速率日变化、季节变化测定。季节变化从展叶开始至落叶前进行, 前期间隔 5 d 测定 1 次, 随叶片的成熟及衰老, 每隔 10 ~ 15 d 测定 1 次, 每次测定在当日 10: 00 ~ 11: 00 进行。日变化的测定分别在 4 月 30 日, 5 月 20 日, 6 月 13 日, 8 月 15 日, 9 月 27 日 (均为晴天) 进行, 每次从 6: 00 ~ 18: 00 每 1 h 测定 1 次。

2002 年 6 月中旬的晴天 9: 00 ~ 11: 00 选择树冠向阳面、中部枝条中部复叶的顶叶进行不同品种净光合速率的测定, 重复 5 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 净光合速率日变化

结果表明 (图 1), 晴天时河北核桃 ‘艺核 1号’  $P_n$  日变化为明显的双峰曲线, 第 1 峰出现在 9: 00 ~ 11: 00, 第 2 峰出现于 14: 00 ~ 16: 00, 有明显的 “午休” 现象。在不同时期的测定中, 高峰出现的时间和  $P_n$  变化的幅度不同, “午休” 时间的长短也有差异。

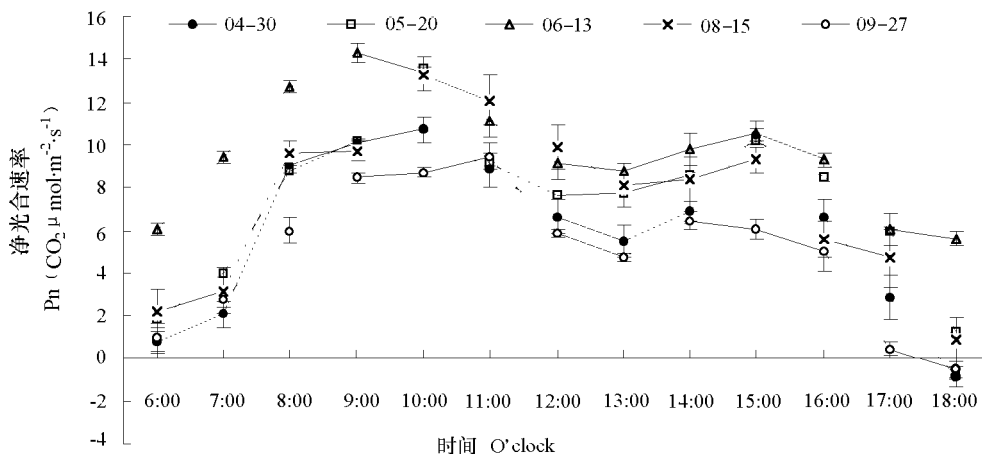


图 1 河北核桃 ‘艺核 1号’ 叶片  $P_n$  的日变化

Fig 1 Diurnal variation of  $P_n$  in *Juglans hopeiensis* Hu ‘Yihe 1’ leaves

### 2.2 净光合速率季节变化

测定结果表明 (图 2), 河北核桃 ‘艺核 1号’  $P_n$  季节变化呈双峰曲线, 4 月份随着叶片的生长  $P_n$  迅速升高, 于 5 月中旬出现第 1 高峰 ( $CO_2$  11.92  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ), 此后, 由于光照强烈、气温较高, 叶片光合稍有下降, 至 8 月上旬又稍有上升, 出现第 2 高峰 ( $CO_2$  10.99  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ )。随着叶片的衰老  $P_n$  缓慢下降。至落叶前 (10 月中下旬), 叶片光合作用已经非常微弱, 接近于 0。相关分析结果表明, 光合季节变化与气温和光合有效辐射的相关性未达显著水平。

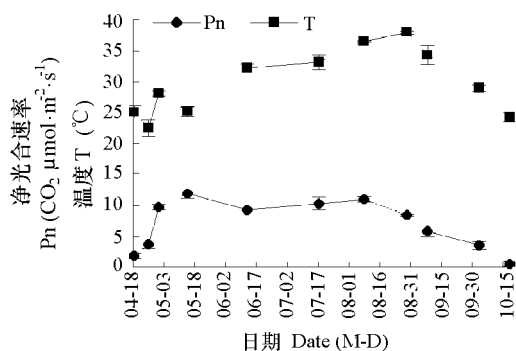


图2 河北核桃‘艺核1号’叶片 PAR、T、Pn的季节变化

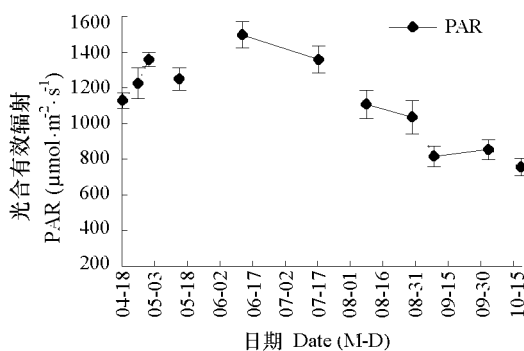
Fig. 2 Seasonal variation of PAR, T, Pn in *Juglans hopeiensis* Hu 'Yhe 1' leaves

图3 河北核桃‘艺核1号’光合作用—光响应曲线

Fig. 3 The response curve of Pn to PAR in

*Juglans hopeiensis* Hu 'Yhe 1' leaves

### 2.3 光合有效辐射及温度对光合作用的影响

试验结果表明 (图 3), 当 PAR  $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右时, 河北核桃‘艺核1号’叶片 Pn 为 0; 以后随光合有效辐射的增加, 光合作用逐渐增强, PAR 为  $1643 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  时 Pn 达最大值, 此后随光合有效辐射的增加, Pn 下降。由此可见, ‘艺核1号’光饱和点为  $1643 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, 光补偿点为  $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右。

PAR 为  $1600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  条件下测得 ‘艺核1号’光合—温度响应曲线为抛物线型, 29 时 Pn 最高 ( $\text{CO}_2$   $12.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )。29 以下时, 随温度的增高, Pn 逐渐增强; 超过 29 以后, 随温度的升高, Pn 下降。由此可见, ‘艺核1号’光合最适温度为 29 左右 (图 4)。

### 2.4 净光合速率日变化的影响因子

试验在测定 ‘艺核1号’净光合速率日变化的同时, 检测了叶温、蒸腾速率、气孔导度、胞间  $\text{CO}_2$  浓度及光合有效辐射等有关参数 (图 5)。相关分析结果表明, 光合日变化与叶温 ( $0.69^{**}$ )、

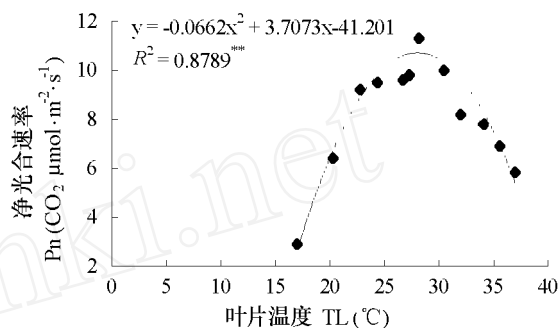


图4 河北核桃‘艺核1号’光合作用—叶温响应曲线

Fig. 4 The response curve of Pn to TL in

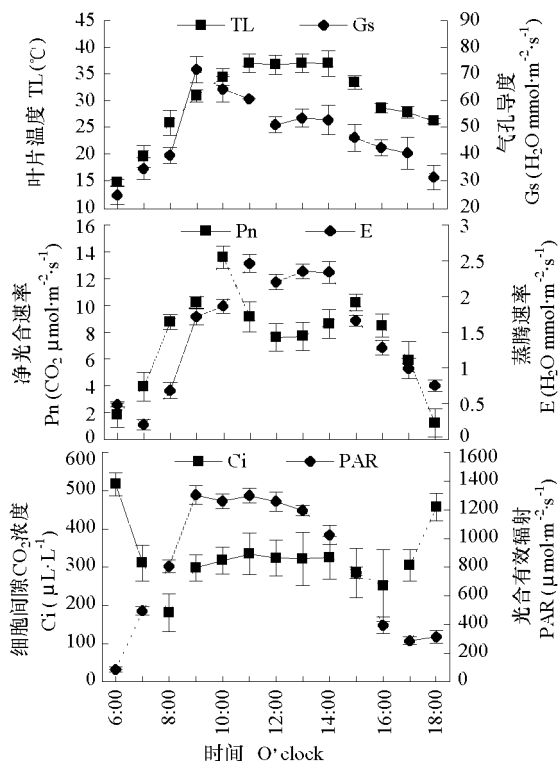
*Juglans hopeiensis* Hu 'Yhe 1' leaves

图5 河北核桃‘艺核1号’Pn日变化的影响因子

Fig. 5 Factors of affecting diurnal variation of

Pn in *Juglans hopeiensis* Hu 'Yhe 1' leaves

气孔导度 ( $0.82^{**}$ ) 和光合有效辐射 ( $0.74^{**}$ ) 极显著正相关, 与蒸腾速率 ( $0.64^{*}$ ) 显著正相关; 光合日变化与胞间  $\text{CO}_2$  浓度显著负相关 ( $-0.66^{**}$ )。

## 2.5 河北核桃与普通核桃、核桃楸净光合速率的比较

试验测定比较了河北核桃、普通核桃和核桃楸的光合速率, 结果 (图 6) 表明, 河北核桃 (艺核 1 号、王润、杨家坪、仙栖洞)  $\text{Pn}$  低于多数普通核桃, 接近于核桃楸。

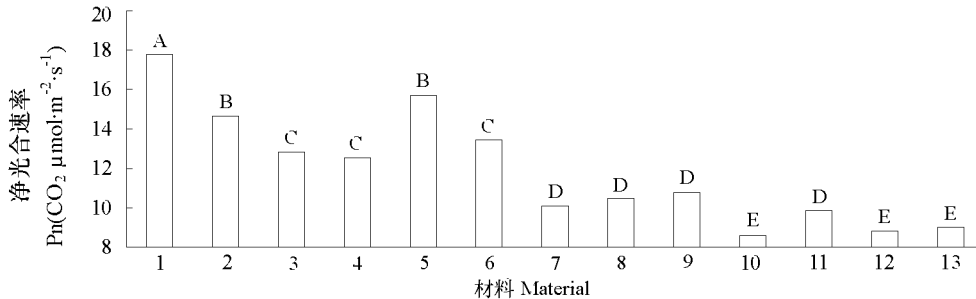


图 6 普通核桃、河北核桃、核桃楸  $\text{Pn}$  的比较

1. 辽宁 1 号; 2. 绿波; 3. 哈特雷; 4. 辽宁 8 号; 5. 清香; 6. 晋龙 1 号; 7. 福兰克蒂; 8. 维纳; 9. 艺核 1 号; 10. 王润; 11. 杨家坪; 12. 仙栖洞; 13. 核桃楸。

Fig. 6 Comparison of  $\text{Pn}$  among cultivars in *Juglans*

1. Liaoning 1; 2. Lübo; 3. Hartley; 4. Liaoning 8; 5. Qingxiang; 6. Jinlong 1; 7. Frangnette; 8. Vina; 9. Yihe 1; 10. Wangjian; 11. Yangjiaping; 12. Xianqidong; 13. Manchurian walnut

## 3 讨论

河北核桃是普通核桃与核桃楸的天然杂交种<sup>[7-9]</sup>, 其  $\text{Pn}$  低于普通核桃, 接近于核桃楸。河北核桃光合作用的最适温度为  $29^{\circ}\text{C}$ , 略高于核桃 ( $27^{\circ}\text{C}$ )<sup>[2]</sup> 和美国山核桃 ( $27^{\circ}\text{C}$ )<sup>[10]</sup>, 显著高于柿 ( $25^{\circ}\text{C}$ )<sup>[11]</sup> 和梨 ( $22\sim 23^{\circ}\text{C}$ )<sup>[12]</sup>, 具有喜温的特性。河北核桃光合作用的光饱和点为  $1\,643\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  左右, 高于普通核桃 ( $1\,400\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>[3]</sup>、核桃楸 ( $1\,200\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>[5]</sup>、梨 ( $1\,000\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>[12]</sup>、苹果 ( $800\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>[13]</sup> 和柿 ( $1\,300\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )<sup>[11]</sup> 等, 属喜光树种。

河北核桃光合速率日变化为双峰曲线, 与刘鹏等对核桃<sup>[3]</sup>及马钦彦等对核桃楸<sup>[5]</sup>的研究结果一致, 但与张志华等对核桃的研究结果<sup>[2]</sup>不同。分析认为造成不同结果的原因有两方面, 一是供试样叶的差异, 后者所用叶片分布在树冠的各个部位, 当树冠某一部位出现光抑制时, 可能有的部位光照仍没能达到光饱和, 而其所测结果是所有样叶的平均值, 是对核桃群体光合情况的反映; 而本试验供试叶片在外围阳面, 是最容易出现光抑制和温度抑制的部位, 结果自然会有差异。另一原因可能是采用测试方法的不同。后者采用的是改良干重法, 每个数值均为光合  $2\,\text{h}$  的平均值, 而本试验测得的是单一叶片在某一时间的光合情况。

果树叶片的光合作用受环境因子及其自身生理因子的影响。本试验研究结果表明河北核桃光合速率季节变化与主要环境因子光合有效辐射和气温的相关性未达显著水平, 由此可见, 在河北核桃光合速率季节变化中, 叶片自身的光合能力占主导地位。而影响河北核桃光合速率日变化的主要因子是气孔导度、光合有效辐射、叶温、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和蒸腾速率。分析认为, 河北核桃光合速率日变化的“午休”现象可能是由于较高的光合有效辐射引起叶片温度升高, 使叶片—大气水汽压亏缺增加, 气孔阻力增大从而限制  $\text{CO}_2$  的扩散, 降低蒸腾速率等一系列变化的结果<sup>[14]</sup>。在河北核桃修剪及肥水管理中, 应注意通风透光, 降低果园温度, 增加空气湿度, 减少水分蒸腾, 缩短光合午休的时间, 提高光合水平。

## 参考文献:

- 1 郝荣庭, 张毅萍主编. 中国核桃. 北京: 中国林业出版社, 1992 121~122

- Xi R T, Zhang Y P. Chinese walnut Beijing: China Forestry Press, 1992. 121 ~ 122 (in Chinese)
- 2 张志华, 高 仪, 王文江, 郝荣庭. 核桃光合特性的研究. 园艺学报, 1993, 20 (4): 319 ~ 323  
Zhang Z H, Gao Y, Wang W J, Xi R T. Studies on photosynthetic characteristics of walnut Acta Horticulturae Sinica, 1993, 20 (4): 319 ~ 323 (in Chinese)
- 3 刘 鹏, 刘庆忠, 赵红军, 杨 润, 孙清荣. 核桃光合作用特性的初步研究. 落叶果树, 2003, (4): 1 ~ 3  
Liu P, Liu Q Z, Zhao H J, Yang R, Sun Q R. Preliminary study on photosynthetic characteristics of walnut Deciduous Fruits, 2003, (4): 1 ~ 3 (in Chinese)
- 4 兰彦平, 李雪英. 核桃光合特性与座果率关系的研究. 山西农业大学学报, 1998, 18 (1): 39 ~ 41  
Lan Y P, Li X Y. Studies on the relation of photosynthetic characteristics and fruit setting rate of English walnut J. Shanxi Agric Univ, 1998, 18 (1): 39 ~ 41 (in Chinese)
- 5 马钦彦, 蔺 琛, 韩海荣, 陈遐林, 曹文强, 王治中, 王占勤, 张葆祥. 山西太岳山核桃楸光合特性的研究. 北京林业大学学报, 2003, 25 (1): 14 ~ 19  
Ma Y P, Lin C, Han H R, Chen X L, Cao W Q, Wang Z Z, Wang Z Q, Zhang B X. Photosynthesis characteristics of *Juglans mandshurica* Maxim in Taiyue mountain region, Shanxi province Journal of Beijing Forestry University, 2003, 25 (1): 14 ~ 19 (in Chinese)
- 6 Wood B W. Fruiting affects photosynthesis and senescence of pecan J. Amer Soc Hort Sci, 1988, 113 (3): 432 ~ 436
- 7 匡可任, 路安民. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1987. 6 ~ 24  
Kuang K R, Lu A M. Chinese flora Beijing: Science Press, 1987. 6 ~ 24 (in Chinese)
- 8 杨自湘, 奚声珂. 胡桃属十种植物的过氧化物同工酶分析. 植物分类学报, 1989, 27 (1): 53 ~ 57  
Yang Z X, Xi S K. Analysis of isoperoxidase of 10 *Juglans regia* kinds Acta Phytotaxonomica Sinica, 1989, 27 (1): 53 ~ 57 (in Chinese)
- 9 郝荣庭, 张毅萍主编. 中国果树志—核桃卷. 北京: 中国林业出版社, 1996. 121 ~ 122  
Xi R T, Zhang Y P. Flora of China fruits - walnut Beijing: China Forestry Press, 1996. 121 ~ 122 (in Chinese)
- 10 Grews C E, Syvertsen J P, Bausher M G. Carboxylase activity and seasonal changes in CO<sub>2</sub> assimilation rates in three cultivars of pecan J. Amer Soc Hort Sci, 1980, 105 (6): 798 ~ 801 (in Chinese)
- 11 王文江, 刘永居, 王永蕙. 大磨盘柿树光合特性的研究. 园艺学报, 1993, 20 (2): 105 ~ 110  
Wang W J, Liu Y J, Wang Y H. Studies on photosynthetic characteristics of Japanese persimmon Acta Horticulturae Sinica, 1993, 20 (2): 105 ~ 110 (in Chinese)
- 12 赵宗方, 凌裕平, 吴建华, 张建文. 梨树的光合特性. 果树科学, 1993, 10 (3): 154 ~ 156  
Zhao Z F, Ling Y P, Wu J H, Zhang J W. Studies on photosynthetic characteristics of pear Journal of Fruit Science, 1993, 10 (3): 154 ~ 156 (in Chinese)
- 13 张绍铃, 样庆山, 马香莲, 孟月娥. 苹果短枝型品种光合特性研究. 果树科学, 1991, 8 (3): 129 ~ 134  
Zhang S L, Yang Q S, Ma X L, Meng Y E. Studies on photosynthetic characteristics of dwarf shoot apple Journal of Fruit Science, 1991, 8 (3): 129 ~ 134 (in Chinese)
- 14 高辉远, 邹 琦, 陈敬锋, 程炳嵩. 大豆光合午休原因的分析. 作物学报, 1994, 20 (3): 357 ~ 362  
Gao H Y, Zou Q, Chen J F, Cheng B S. Analysis of causes of midday depression of photosynthesis in soybean leaves Acta Agronomica Sinica, 1994, 20 (3): 357 ~ 362 (in Chinese)

## 新书推荐

## 《中国木本植物种子》

全书共收集 492 属、1276 个种 (含变种和亚种)。按属或种简要记述生长习性、分布、用途和开花结实特点;着重描述果实的采收、种子调制、种子储藏、发芽前的种子处理、发芽测定、播种等主要生产环节的要点。参与撰稿的多达 70 余人, 均为国内知名学者专家。本书融集体智慧之大成, 汇科学研究之精华, 既总结生产实践的先进经验, 又验之于撰稿人的直接知识; 记载翔实, 描述准确, 数据来源于实际。每个属或种均配有种子外观图和剖视图, 种子发芽进程图。具有先进性、科学性和实用性, 可供植物工作者、园林工作者、院校师生以及基层技术人员、行政管理人员参考。

定价: 200.00 元 (含邮费)。

购书者请通过邮局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。