

## 金钟藤叶片的气体交换特性

沈浩, 洪岚, 叶万辉\*, 曹洪麟, 徐志防, 韦霄

(中国科学院华南植物园, 广东广州 510650)

**摘要:** 用 LI-6400 便携式光合测定系统(Li-Cor Inc., USA)对广州林区新发现的入侵杂草金钟藤(*Merremia boissiana*)叶片的气体交换进行了测定。结果表明:(1)净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(E)的日变化均表现为单峰型曲线,中午金钟藤未出现光合作用抑制;最大光合速率可达  $20 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, Pn 日平均值为  $8.8 \pm 0.75 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。(2)金钟藤光合作用的光饱和点较高,为  $1000 \sim 1200 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,表现出比较典型的阳生植物的特性。结果表明,金钟藤在自然环境中具有快速生长的特性可能与其较强和较稳定的光合能力有关。研究的初步结果对了解金钟藤迅速生长、具有高生产力和强大入侵力的原因提供了进一步深入探讨的思路和基础数据。

**关键词:** 金钟藤; 入侵种; 气体交换; 生境适应性

中图分类号: Q945.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2006)03-0313-04

## Characteristics of gas exchange in leaves of *Merremia boissiana*

SHEN Hao, HONG Lan, YE Wan-hui\*, CAO Hong-lin,  
XU Zhi-fang, WEI Xiao

(South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** Some characteristics of gas exchange in leaves of *Merremia boissiana* were measured by using LI-6400 portable photosynthesis system(Li-Cor Inc., USA) at Longdong Forest Park in the suburb of Guangzhou City. The diurnal changes in photosynthetic rate(Pn), stomatal conductance(Gs) and transpiration(E) in *M. boissiana* growing in situ all exhibited a mono-peak modal, and the peak value of Pn appeared at noon was around  $20 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  without photoinhibition during the daytime, probably resulting from that maximum light radiation(PPFD, photosynthetic photon flux density) at midday nearly equal to PPFD under its light saturation point(LSP) measured by light response curve of photosynthesis and from local habitat. There were also a higher daily average Pn of  $8.8 \pm 0.75 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and daily maximum Pn of  $19.9 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  in *M. boissiana*, indicating higher capacity of gas exchange in this weed growing in natural environment. These results may supply valuable information for understanding why *M. boissiana* can fast grow and spread with a great production.

**Key words:** *Merremia boissiana*; invasive species; gas exchange; habitat acclimatization.

金钟藤(*Merremia boissiana* (Gagnep.) Ooststr.), 又名“多花山猪菜”,为旋花科(Convolvulaceae)鱼黄草属(*Merremia*)多年生常绿藤本(中国植物志编委会, 1995)。该种原产我国海南、云南、广西等省区,越南、

老挝及印度尼西亚也有分布,为广东分布的一新记录种(中国植物志编辑委员会, 1995; 徐声杰等, 1994)。近年在广州地区发现金钟藤开始对林区造成严重危害,受害林区面积达数千亩。由于这种藤本植物繁殖

收稿日期: 2005-03-01 修回日期: 2005-09-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(30530160); 广东省自然科学基金重点项目(05200701)[Supported by the National Natural Science Foundation of China(30530160); Natural Science Foundation of Guangdong Province(05200701)]

作者简介: 沈浩(1975-),男,安徽枞阳人,博士生,主要从事植物生理生态和保护生态学研究。

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: why@scbg. ac. cn)

力强,既可通过种子繁殖,又有很强的无性繁殖能力且生长迅速(朱细俭等,2003),对其它植物特别是对森林的危害较“植物杀手”薇甘菊(*Mikania micrantha*)(Zhang等,2004)在危害范围和空间上更严重。早在1997年金钟藤虽已被英国有关专家列入入侵种(invasive species)的范围(UNEP World Conservation Monitoring Centre,1997),但是否与我国的这个种为同一起源还未有定论。

金钟藤为木质藤本,缠绕其它植物并可通过发达的枝叶成片覆盖高达20~30m的林木树冠。它对资源的竞争优势及其藤状茎干的绞杀作用,可对其它植物甚至成片森林造成毁灭性破坏,从而严重影响自然景观、破坏生态平衡和林业生产(徐声杰等,1994;朱细俭等,2003)。虽然国外曾经有过一些记录(UNEP World Conservation Monitoring Centre,1997),但对它的危害及相关的基础研究并没有进一步报道。国内也只是在地方刊物上出现一些零星的文章(徐声杰等,1994;朱细俭等,2003),仅是形态和分布方面的内容。金钟藤对生态环境的威胁是近一两年显现并引起关注的,因此我们对它的基本特性还知之甚少。本文通过对金钟藤光合作用的一些基本特征的了解,如光合作用的日变化、光合作用的某些参数,分析其光能利用效率的特性,从一个侧面探讨这种植物成功入侵的可能内在因素,同时也为今后进一步研究和防治提供基础资料。

## 1 研究地自然概况

实验地位于广州市东北郊龙眼洞林场受金钟藤严重危害的马占相思(*Acacia mangium*)林,地理位置为113°11'E,23°11'N,海拔200m。该区属亚热带季风气候,样地为西南坡地(坡度60°),三面环山,上午11:30开始接受太阳光直射,下午16:00阳光被山遮蔽。被调查的马占相思林木100%被金钟藤缠绕和覆盖。零星分布的伴生植物主要有野葛(*Pueraria lobata*)和芒(*Miscanthus sinensis*)等。

## 2 材料和方法

### 2.1 测试样叶选择

在样林内随机选择生长状况良好的金钟藤样株,并选择位于茎中部向阳的成熟叶片进行各项光合指标的测定。

### 2.2 测定项目和方法

所有气体交换参数均使用LI-6400便携式光合作用测定系统(Li-cor,USA)进行测定,记录和下载相关数据。

2.2.1 气体交换日变化测定 选择晴朗天气(2004年12月4日),分别在8:00、9:00、10:00、11:00、12:00、12:30、13:00、14:00、15:00、16:00和17:00各时间点在同地测定连体生长叶片的气体交换指标。在每个测定时间点均固定选取6片生长状况和生长位置相似的叶片重复测定。测定项目包括植物的净光合速率( $P_n, \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、蒸腾速率( $E, \text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、气孔导度( $G_s, \text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、胞间 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i, \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ )等以及光合有效辐射(PPFD,  $\mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、气温( $T_a, ^\circ\text{C}$ )、叶温( $T_l, ^\circ\text{C}$ )和空气湿度(RH,%)等微气象参数。

2.2.2 光响应曲线测定 设定叶温 $20^\circ\text{C}$ , $\text{CO}_2$ 浓度 $360 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,在野外用连体叶分别在 $0 \sim 1500 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (内置光源)光强范围内测定光合作用光响应动态。在设置最大和最小等待时间后,由仪器自动记录数据。同样随机选择生长良好的健康成熟叶片进行6次重复测定。根据光响应曲线求得该植物光合器官的光饱和点(LSP)、光补偿点(LCP)等气体交换参数。

2.2.3  $\text{CO}_2$ 响应曲线测定 设定叶温为 $25^\circ\text{C}$ ,光强为 $1000 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,参照 $\text{CO}_2$ 浓度从 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 降到 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,然后再从 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 升至 $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,共设置12个浓度水平。随机选择生长良好的健康成熟叶片进行4次重复测定。根据 $\text{CO}_2$ 响应曲线取得的数据求得 $\text{CO}_2$ 饱和点(CSP)和补偿点( $\Gamma$ )等气体交换参数。

### 2.3 数据分析

以净光合速率( $P_n$ )与蒸腾速率( $E$ )的比值作为水分利用效率(WUE,  $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ )指标。数据统计分析使用SPSS 12.0进行,相关模型采用相关系数优选法确定。光合作用光饱和点、光补偿点、 $\text{CO}_2$ 饱和点和 $\text{CO}_2$ 补偿点由实测值和模型计算得到。

## 3 结果与分析

### 3.1 金钟藤叶片气体交换日变化

3.1.1 实验样地的小环境 测定工作是在秋季进

行,如图 1 所示。在实验实测的时间范围内 PPFD 在  $70\sim 1\,300\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  之间变化。中午 12:30 光强达  $1\,300\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  左右为最大值,到 17:00 仍有  $50\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ;气温( $T_a$ )日变化在  $16\sim 27^\circ\text{C}$  之间;空气相对湿度两个峰值出现在 8:00 和 11:00,14:00 则出现一个低谷,其它时间则变化比较平稳。 $\text{CO}_2$  浓度( $C_a$ )的日变化在  $377\sim 391\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ,基本保持相对稳定。同时从图 1 可以看出,实验样地上午 11:30 才开始接受太阳光直射,所以上午 11:00 辐射强度就从  $192\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,迅速升高到中午的  $1\,300\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同时,也由于样地在 11:00 辐照开始提高,相对湿度也出现一个峰值,随后随着温度上升又开始下降。因此,实验区域的植物所处环境受山地小气候的明显影响。

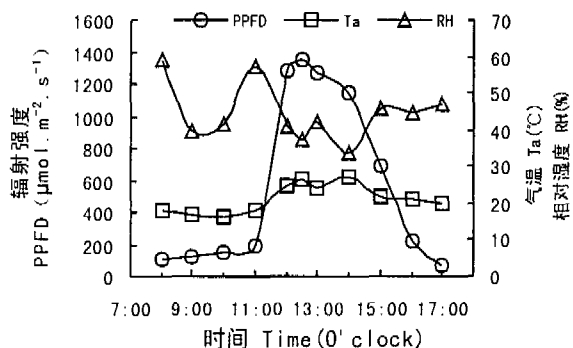


图 1 实验样地的辐射强度、气温和相对湿度的日变化  
Fig. 1 Diurnal changes of irradiance, air temperature and relative humidity at experimental site

3.1.2 净光合速率日变化 在自然状态下,金钟藤叶片的  $P_n$  早上在散射光的作用下缓慢上升,10:00 以后开始呈线性上升,至 12:30 达到最大值  $20\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (图 2:A)。随后,虽然当光强从最大的  $1\,300\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  降到  $1\,000\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (图 1) 以下时  $P_n$  几乎减少一半(图 2:A),但是在下午 15:00 点以前大约 3.5 小时内金钟藤的光合能力仍可以维持相对高的水平(大于  $12\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (图 2:A)。下午 16:00 以后太阳被山遮蔽,利用散射光  $P_n$  也能有  $5\sim 3\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的光合能力。从一天中  $P_n$  的动态变化来看,呈“单峰”日变化节律,中午的强辐照并没有引起金钟藤光合作用的抑制(图 1,图 2:A)。日平均  $P_n$  为  $8.8\pm 0.75\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,而最大值接近  $20\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在自然条件下金钟藤能量利用水平与薇甘菊相近(温达志

等,2000),但不同的是,金钟藤在中午未出现光抑制现象,这可能与样地的小环境有关。

### 3.1.3 气孔导度、蒸腾速率和水分利用效率日变化

金钟藤叶片气孔导度( $G_s$ )的日变化曲线与  $P_n$  的类似,变化基本同步(图 2:B),中午太阳直射时气孔导度仍未下降,这可能是金钟藤中午保持较高的光合能力的原因之一。

如图 2:C 所示,金钟藤叶片蒸腾速率( $E$ )日变化曲线形状与  $P_n$  和  $G_s$  的相似,峰值( $4.50\ \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )出现的时点在 12:30,最低值( $0.49\ \text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )在 PPFD 达最小的 17:00。但在 13:00 到 14:00,  $E$  出现了稍许上升,这与这期间气温的上升(图 1)有密切的关系。

植物的水分利用效率(WUE)也可以用干物重增加与蒸腾速率之比( $\mu\text{Dw}/E$ ) (苏培玺等,2003)表示,因此它也包含植物生长量变化的含义。从图 2:D 中可看出金钟藤一天的 WUE 有较高水平,特别是在下午(14:00~17:00)散射光、漫射光占优的环境下。

### 3.2 金钟藤叶片气体交换对光的响应

在稳定的  $\text{CO}_2$  浓度( $360\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ )下测定的金钟藤叶片光合作用对不同 PPFD 的光响应动力学(图 3:A)表明,光饱和点(LSP)下的光强为  $1\,200\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  左右,光补偿点(LCP)为  $19.0\ \mu\text{mol photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,暗呼吸速率( $R_d$ )为  $0.48\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。金钟藤有较高的 LSP,与典型的阳生植物相似。从图 2:A 可以看出,中午金钟藤没有发生光合作用的抑制(光抑制),原因可能有两个。第一,样地的生境在 11:00 以前光强比较弱,到达中午最大光强的时间很短(图 1,2:A),产生光抑制的光累积量不足以引起对金钟藤光合容量的限制(Osmond,1994)。第二,中午的自然光的光强与这种植物的光饱和光强十分相近(图 1,3:A),不存在过量。这样的结果也可能与我们选择的实验样地所处的小环境有关(材料与方法)。

### 3.3 金钟藤叶片气体交换对 $\text{CO}_2$ 的响应

在 PPFD 稳定在  $1\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  的条件下( $25^\circ\text{C}$ )分别测定不同  $\text{CO}_2$  浓度下金钟藤的光合响应曲线(图 3:B)。从图 3:B 可看到: $P_n$  在饱和  $\text{CO}_2$  浓度下(相当于 1% 大气  $\text{CO}_2$  浓度)为  $20\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,与它在自然条件( $27^\circ\text{C}$ )  $\text{CO}_2$  浓度  $360\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$  的  $P_n$  相近(图 2:A),说明金钟藤可能有较低的光呼吸,因为高的  $\text{CO}_2$  浓度能抑制光呼吸(Makino 等,1994)。由此推测金钟藤具有相当高的光合效率。

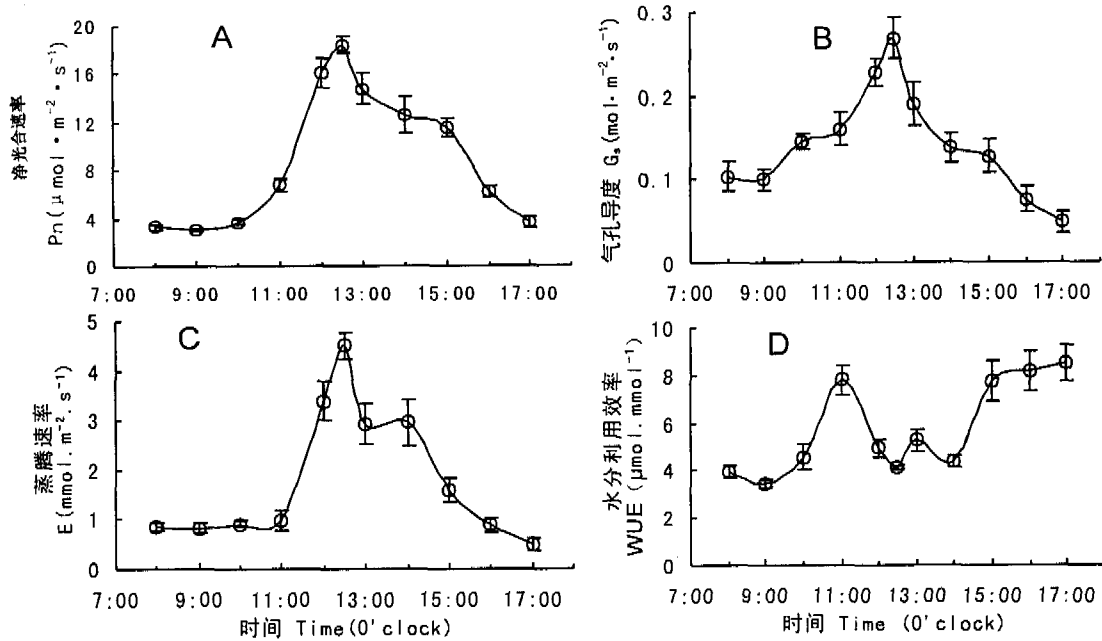


图2 金钟藤叶片自然光合速率(A)、气孔导度(B)、蒸腾速率(C)和水分利用效率(D)的日变化  
 Fig. 2 Diurnal courses of the net photosynthetic rate(A), stomatal conductance(B), transpiration rate(C) and water use efficiency(D) of *Merremia boissiana* leaves

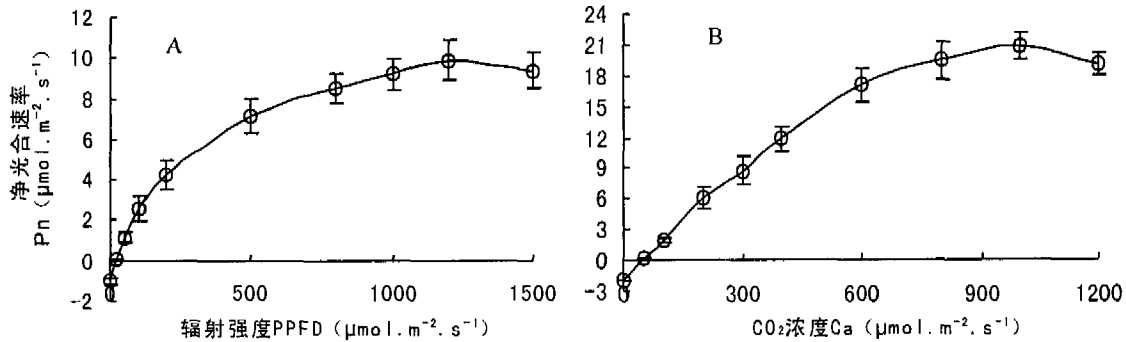


图3 金钟藤叶片气体交换对光强(A)和CO<sub>2</sub>浓度(B)的响应曲线  
 Fig. 3 The gas exchange response curves of *Merremia boissiana* leaves under different irradiance(A) and CO<sub>2</sub> concentration(B) of air

#### 4 小结与讨论

(1)金钟藤叶片的 Pn 日变化呈单峰曲线,最高峰出现在中午,不存在光抑制或者只有轻微光抑制。金钟藤叶大(10~20 cm)茂盛呈心形或圆形,具有很大的受光面积。由于地形条件的影响金钟藤受阳光直射的时间比较短,但能充分利用散射及漫射光进行比较有效的光合作用。(2)自然环境条件下,金钟藤与生长十分迅速的入侵种薇甘菊有相近的净光合速率(日平均和最大 Pn),表现出阳生植物特性。(3)金钟藤可能具有较低的光呼吸,是它迅速生长的又一个可能原因。(4)金钟藤所具备的这些特点以及在这些特点下产生的生物特性是否就是由这样的

样地环境所造成的?在其他的小环境是否也具有这样的特性,它的适应性的能力和范围有多大,需要进一步的研究才能确定。这对于估价金钟藤今后扩散的可能性是至关重要的。

中国科学院华南植物园的陈贻竹研究员在本文的完成和野外工作中给予了大力的指导和帮助,在此深表感谢。

#### 参考文献:

中国植物志编辑委员会. 1995. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 16: 291.  
 朱细俭, 黄少锋. 2003. 金钟藤的初步调查情况[J]. 广东林勘设计, (3): 33-34.  
 徐声杰, 李伟雄. 1994. 木质藤本植物——金钟藤的防除方法 (下转第 303 页 Continue on page 303)

特异片段有可能来自核 DNA,也有可能来自 mtDNA 和 cpDNA。MOPB04<sub>600</sub> 特异片段的测序结果和序列同源性比较表明,该特异片段的序列和已发表基因序列的同源性都较小,相比较而言,和已发表的叶绿体和线粒体基因序列的同源性更小,因此我们推测该特异片段很可能来自核 DNA。如是这样,也就证实了范昌发等(2001)的观点,即 A 系和 B 系的核 DNA 上存在差异。这些差异也许在 A 系和 B 系的育性差异的形成过程中有重要的作用(郭晓才等, 2001)。但该特异片段是否与大白菜细胞质雄性不育系 CMS3411-7 和其保持系 3411-7 的育性有关,还是与其他的性状有关,这有待于进一步的深入研究。

### 参考文献:

- Altschul SE, Thomas L. 1997. Gapped BLAST AND PSI-BLAST: a new generation of protein database search program [J]. *Nucleic Acids Res*, **25**: 3 389—3 402.
- Budar F, Touzet P, De Paep R. 2003. The nucleo-mitochondrial conflict in cytoplasmic male sterilities revisited [J]. *Genetica*, **117**: 3—16.
- Fan CF(范昌发), Sun CY(孙春昫), Guo XC(郭晓才), et al. 2001. Difference in nuclear DNA between cytoplasmic male sterile line A<sub>2</sub>V<sub>4</sub> and its maintainer V<sub>4</sub> of sorghum (A<sub>2</sub> 型高粱细胞质雄性不育系与其保持系的胞质 DNA 和核 DNA 差异) [J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), **7**(3): 291—296.
- Guo XC(郭晓才). 2001. How to understand nuclear DNA in Cytoplasmic male sterility(核基因组在细胞质雄性不育中的作用研究,背景与性状) [J]. *Chin J Appl Environ Biol*(应用与环境生物学报), **7**(3): 297—301.
- Hanson MR. 1991. Plant mitochondrial mutations and male sterility [J]. *Annu Rev Genet*, **25**: 461—486.
- Ke GL(柯桂兰), Zhao ZY(赵稚雅), Song YZ(宋胭脂), et al. 1992. Breeding of alloplasmic male sterile line CMS3411-7 in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) and its application(大白菜异源胞质不育系 CMS3411-7 的选育及应用) [J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), **19**(4): 333—340.
- Pearson OH. 1981. Nature and mechanisms of cytoplasmic male sterility in plant [J]. *Hort Sci*, **16**: 482—484.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. *Molecular Cloning A laboratory manual* [M]. (2nd ed). Cold Spring Harbor Laboratory Press, 756—783.
- Schnable PS, Wise RP. 1998. The molecular basis of cytoplasmic male sterility and fertility restoration [J]. *Trends Plant Sci*, **3**: 175—180.
- Wang YF(王永飞), Ma SM(马三梅), Liu CP(刘翠萍), et al. 2001. Application of molecular markers in plant genetics and breeding(分子标记在植物遗传育种中的应用原理及现状) [J]. *J Northwest Sci-Tech Univ Agri For (Nat Sci Ed)*(西北农林科技大学学报)(自然科学版), **29**(Suppl): 106—113.
- Wang YF(王永飞), Ma SM(马三梅), Zhang LG(张鲁刚), et al. 2003. Cloning and sequencing analysis of a specific DNA fragment related to cytoplasmic male sterility line of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *pekinensis*) (大白菜细胞质雄性不育系 RAPD 特异片段的克隆及序列分析) [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), **23**(1): 49—53.
- Wang YF(王永飞), Wang M(王 鸣), Zheng XQ(郑学勤), et al. 2000. Comparison of genomic DNA extraction methods of Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) (提取大白菜基因组 DNA 的几种方法比较) [J]. *Acta Univ Agri Boreal-Occident (Nat Sci Edi)*(西北农业大学学报)(自然科学版), **28**(4): 85—88.
- Wang YF(王永飞), Wang M(王 鸣), Zheng XQ(郑学勤). 2002. The molecular biology of cytoplasmic male sterility in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) (大白菜细胞质雄性不育的分子生物学研究) [J]. *Hereditas (Beijing)*(遗传), **24**(4): 63—64.
- Xu BF(徐秉芳). 2000. Nuclear restorer gene for fertility (核编码的育性恢复基因) [J]. *Plant Physiol Commun*(植物生理学通讯), **36**(6): 573—580.
- Xu RL(许仁林), Xie D(谢 东), Shi SY(师素云). 1995. Cloning and sequence analysis of a specific mitochondrial DNA fragment related to wild abortive type cytoplasmic male sterility in rice(水稻线粒体 DNA 雄性不育有关特异片段的克隆及序列分析) [J]. *Acta Bot Sin*(植物学报), **37**(7): 501—506.

(上接第 316 页 Continue from page 316)

### 参考文献:

- [J]. 广东林业科技, (1): 46.
- Makino H, Nakano T, Mae T. 1994. Response of Rubisco, cytf and sucrose synthesis in rice leaves to leaf nitrogen and their relationships to photosynthesis [J]. *Plant Physiol*, **105**: 173—179.
- Osmond CB. 1994. Photoinhibition molecular mechanism to the field [C] // Baker NR, Boyer JR. What photoinhibition? Some insights from comparison of sun and shade plants. Oxford: Bios Scientific Publications, 1—24.
- Su PX(苏培玺), Zhang LX(张立新), Du MW(杜明武), et al. 2003. Photosynthetic character and water use efficiency of different leaf shapes of *Populus euphratica* and their response to CO<sub>2</sub> enrichment(胡杨不同叶形光合特性、水分利用效率及其对加富 CO<sub>2</sub> 的响应) [J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **27**(1): 34—40.
- UNEP World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC). 1997. Biodiversity profile of the Socialist Republic of Viet Nam: Appendix 5-Threatened Plant Species (online) (<http://www.wcmc.org.uk/infoserv/countryp/vietnam/app5.html>).
- Wen DZ(温达志), Ye WH(叶万辉), Feng HL(冯惠玲), et al. 2000. Comparison of basic photosynthetic characteristics between exotic invader weed *Mikania micrantha* and its companion species (外来入侵杂草甘菊及其伴生种基本光合特性的比较) [J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), **8**(2): 139—146.
- Zhang LY, Ye WH, Cao HL, et al. 2004. *Mikania micrantha* H. B. K. in China—an overview [J]. *Weed Res*, **44**: 42—49.