

遮荫和环剥对荔枝枝梢生长和光合生理的影响

莫伟平, 周琳耀, 张静逸, 黄俊波, 贝学文, 付欣雨, 王惠聪, 黄旭明*

(华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘要: 以12年生‘黑叶’荔枝(*Litchi chinensis* Sonn. ‘Heiye’)为研究材料, 进行遮荫、环剥及遮荫+环剥处理, 观测这些处理对新梢生长, 以及叶片净光合速率、叶片光系统II(PS II)最大光量子效率(F_v/F_m)和淀粉含量的影响。结果表明: 遮荫处理和环剥处理均能显著抑制枝梢生长, 降低叶片的净光合速率, 但两种处理抑制光合作用的机制各异。其中, 环剥处理导致叶绿素含量降低, 产生永久性光抑制, 显示光系统II(PS II)受到破坏, 因此, 环剥处理导致光合作用的降低与光反应系统的破坏有关; 遮荫下叶片最大光化学效率 F_v/F_m 维持正常, 淀粉含量降低, 但即使在相同的人工光源下, 光合作用速率同样低于对照, 可能主要与暗反应系统活性减弱有关; 而遮荫可显著缓解环剥对光反应系统的破坏效应。

关键词: 荔枝; 环剥; 遮荫; 光合作用; 枝梢生长

中图分类号: S 667.1

文献标志码: A

文章编号: 0513-353X(2013)01-0117-08

Effects of Shading and Girdling on Shoot Growth and Photosynthesis in Litchi

MO Wei-ping, ZHOU Lin-yao, ZHANG Jing-yi, HUANG Jun-bo, BEI Xue-wen, FU Xin-yu, WANG Hui-cong, and HUANG Xu-ming*

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In this study, adaptability of litchi to shading as well as the interaction effects of girdling and shading were examined using 12-year-old ‘Heiye’ litchi (*Litchi chinensis* Sonn. ‘Heiye’) trees. Within the same tree, shoots were treated with girdling, shading and their combination with ungirdled and exposed shoots as the control. Shoot length, leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence were measured at determined dates after the treatments. The results showed that the shoot growth and leaf photosynthesis were significantly inhibited by both shading and girdling treatments, while the mechanisms of photosynthesis inhibition of these two treatments seemed different. Girdling treatment significantly lowered leaf chlorophyll content as well as photosynthetic rate with the occurrence of chronic photoinhibition, an indicator of photosystem II (PS II) damage. In shading treatment, F_v/F_m maintained normal but shaded leaves had a lower photosynthetic rate measured even with the same artificial light compared with the control. The reduction of photosynthesis was therefore chiefly due to the impairment of dark reaction. Interestingly, shading significantly alleviated damage on light reaction system caused by girdling.

收稿日期: 2012-07-04; 修回日期: 2012-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171199); 广东省大学生创新实验项目

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: huangxm@scau.edu.cn)

Key words: litchi; girdling; shading; photosynthesis; shoot growth

枝梢环剥处理可强烈抑新梢生长,提高新叶的淀粉含量(黄旭明 等,2003;王丽敏 等,2010)。环剥后会显著降低植物叶片光合作用(周咏梅 等,2008)。Goren 等(2004)指出环剥后光合产物积累,并使得淀粉粒变大并破坏了叶绿体,而 Cheng 等(2008)则发现环剥后叶片气孔导度及 RuBP 羧化酶(RuBPcase)的活性降低,这些效应均导致光合作用受到抑制。这种效应被称为光合产物对光合作用的反馈抑制效应(Goren et al., 2004)。而环剥对叶片的破坏效应,可能是光伤害的结果,因此,环剥之后导致不可逆的光抑制(Urban & Alphonsout, 2007; Rivas et al., 2008)。因此,光照与环剥的伤害效应关系密切。光照强度影响着植物的光合作用及生长发育。作为驱动光合作用的能量,光照直接影响碳水化合物的生产能力,进而影响植物的生长。遮荫对植株生长的影响往往因物种而异,但遮荫使叶片光合速率降低的效应是明确的(周艳虹 等,2004;牟会荣 等,2008)。

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)是起源于中国南方的树种,在海南等地的野生荔枝群体处于热带雨林的高层林分,是一种典型的喜阳植物。生产上,环剥技术已经广泛用于控制荔枝枝梢生长,促进成花坐果(袁荣才和黄辉白,1993)。遮荫也可显著减弱荔枝枝梢生长(Hieke et al., 2002),而花果发育期间阴雨天气可导致严重落花落果(Yuan & Huang, 1988)。果园封行,植株彼此遮蔽,可显著降低植株的产量。

本试验中观测了遮荫、环剥及遮荫 + 环剥处理对荔枝枝梢生长和叶片光合作用的影响,以揭示荔枝对低光照的适应生理,探索光伤害与环剥效应的关系。

1 材料与方法

1.1 材料处理

供试材料为种植于华南农业大学试验果园的12年生空中压条‘黑叶’荔枝。

于2010年10月10日,新梢芽萌发时,按东、南、西、北方向选择4条直径为3~4 cm大枝作为试验区组,每个区组内选择4个长势接近、直径约1 cm的小枝作为小区,随机给予遮荫处理、环剥处理、遮荫 + 环剥处理,以不环剥、不遮荫的小枝为对照。环剥宽4 mm,深达木质部但不伤及木质部;遮荫以双层黑色遮阳网覆盖小枝叶幕,罩内外光照日动态如图1所示,正午时遮光率大约为90%。

1.2 枝梢生长和发育情况调查

每3 d用直尺测量1次各处理新梢长度,同时使用SPAD-502型便携式叶绿素测定仪器测定标记叶片的叶绿素指数,直至新梢老熟。

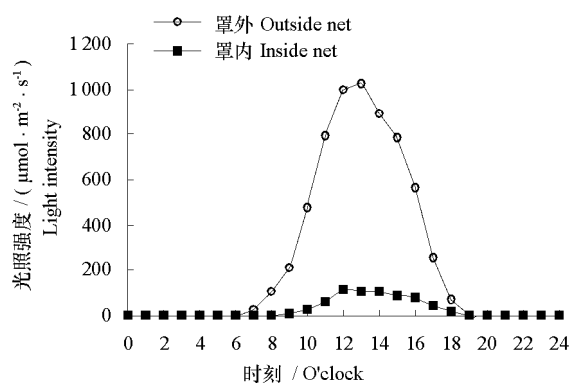


图1 遮阳网内外光照强度的日变化

Fig. 1 Diurnal changes in light intensity inside and outside shading net

1.3 叶绿素荧光动力学参数的测定

用 FMS-2 型便携式荧光仪的 F_v/F_m 程序测定各处理叶片光系统 II (PS II) 最大光量子效率。每次测定在上午 8 时进行,测定前将叶片充分暗适应 20 min 以上。经过长时间遮荫或环剥处理(230 d, 2011 年 5 月 28 日)后,利用上述程序测定各处理对叶片 F_v/F_m 值日变化的影响。

1.4 叶片光合作用的测定

处理后 230 d, 在上午 8:00—10:00 时,用 LI-6400 光合仪测定各处理枝条上成熟叶的光合速率。测定条件为人工光源 $1\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 在大气 CO_2 环境下测定。测定当天为晴天, 温度 $22\sim 32\ ^\circ\text{C}$, 平均 $26\ ^\circ\text{C}$; 相对湿度 $70\%\sim 96\%$, 平均 81% 。

1.5 叶片淀粉含量的测定

分别在处理后 2 d 和 51 d 采集老叶样品(采样当天为晴天, 采样均在上午 8:00—9:00 时完成), 参考徐昌杰等(1998)的方法, 用 5 mL 1% PVP(聚乙烯吡咯烷酮)研磨样品, 离心除去上清液, 沉淀用 5 mL 80% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液洗涤并沸水浴 20 min, 然后再用 $4\,000\ \text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 20 min, 取上清液, 沉淀以 5 mL 80% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液提取淀粉, 重复以上步骤, 合并上清液, 定容至 25 mL。用 $\text{I}_2\text{-KI}$ 显色, 用 721B 型分光光度计在 620 nm 处测定 OD 值。

2 结果与分析

2.1 遮荫和环剥处理对枝梢生长的影响

各处理对枝梢生长的影响如图 2 所示。对照新梢迅速生长, 在两周内完成伸长生长, 而环剥、遮荫、遮荫 + 环剥处理的枝条均只有微弱的伸长, 显示遮荫和环剥处理均能显著抑制新梢的生长。

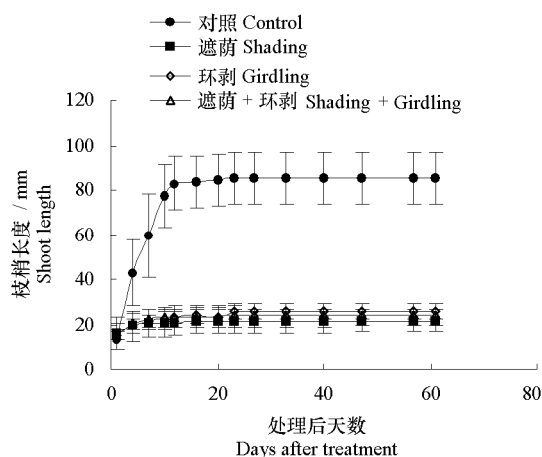


图 2 遮荫和环剥处理对枝梢生长的影响
Fig. 2 Effects of shading and girdling on litchi shoot growth

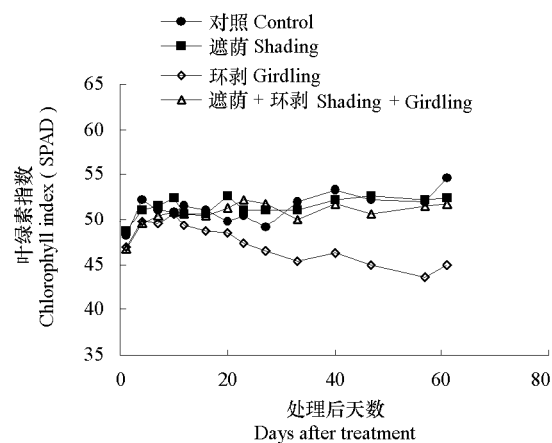


图 3 遮荫和环剥处理对叶片叶绿素指数的影响
Fig. 3 Effects of shading and girdling on chlorophyll concentration valued by SPAD

2.2 遮荫和环剥处理对叶片叶绿素指数 (SPAD) 的影响

如图 3 所示, 除环剥处理外, 其余处理的叶片叶绿素含量随时间逐渐增加, 唯有环剥处理的叶片仅在处理后 10 d 内有所提高, 之后 SPAD 值持续降低, 显示环剥处理可导致叶绿素含量降低; 相

对于对照, 遮荫、遮荫 + 环剥处理的叶片 SPAD 值变化不明显。可见, 遮荫会缓解环剥对叶片叶绿素下降的效应。

2.3 遮荫和环剥处理对 PS II 最大光化学效率 (F_v/F_m) 的影响

如图 4 所示, 对照、遮荫、遮荫 + 环剥三者叶片的 F_v/F_m 值均在正常范围内(约 0.83), 说明遮荫处理对植物叶片 PS II 最大光化学效率无明显影响。环剥处理后, 叶片的 F_v/F_m 值持续降低, 显著低于其他处理, 由此可见, 环剥处理导致了严重的光抑制效应。

值得注意的是, 而遮荫 + 环剥处理后, 叶片的 F_v/F_m 值一直维持在正常范围内, 说明遮荫可明显缓解环剥处理对 PS II 最大光化学效率的影响。

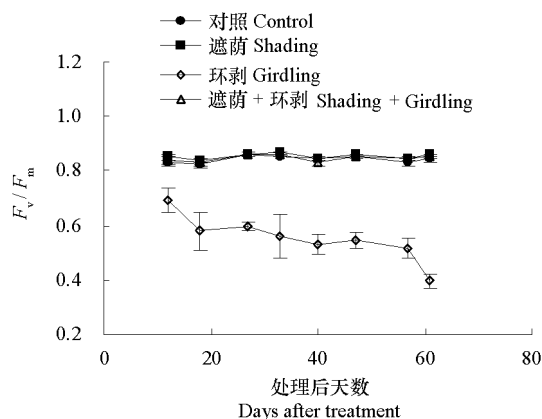


图 4 遮荫和环剥处理后叶片 F_v/F_m 值的影响

Fig. 4 Effects of shading and girdling on F_v/F_m

2.4 遮荫和环剥处理对叶片淀粉含量的影响

处理后 2 d 内, 各处理淀粉含量的差异不显著(图 5)。处理后 51 d, 各处理叶片具有淀粉累积, 其中未遮荫叶片的淀粉积累明显高于遮荫处理的叶片, 环剥处理并不显著影响叶片淀粉含量。

2.5 净光合作用 (P_n) 速率的比较

在处理 230 d 后, 在相同光照强度的人工光源 ($1\,000\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 下测量不同处理叶片的净光合速率 (P_n), 结果如图 6 所示。环剥、遮荫、遮荫 + 环剥处理后, 叶片的 P_n 都显著低于对照, 但 3 个处理间无显著差异。这一结果表明, 环剥处理和遮荫处理均可抑制光合作用。

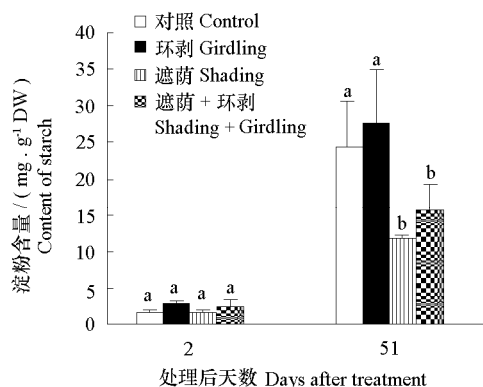


图 5 遮荫和环剥处理对老叶淀粉含量的影响

不同字母表示处理间数据在 0.05 水平 (LSD) 上差异显著。

Fig. 5 Effect of shading and girdling on the starch content of old leaves

Different letters indicate significant difference between treatments at $P < 0.05$, LSD .

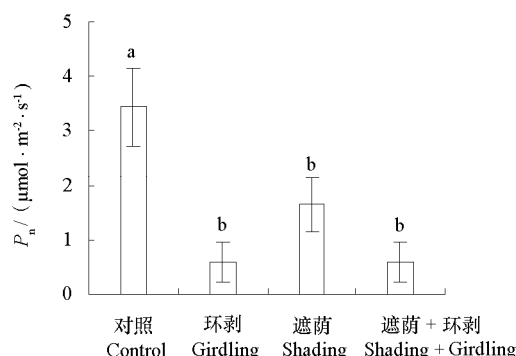


图 6 遮荫和环剥处理对叶片净光合速率的影响

不同字母表示处理间数据在 0.05 水平上 (LSD) 差异显著。

Fig. 6 Effects of shading and girdling on net photosynthetic rate

Different letters indicate significant difference between treatments at $P < 0.05$, LSD .

环剥处理导致了 F_v/F_m 维持在低水平，在早晨和傍晚未见该值的回升，显示环剥处理引发了永久性光抑制（图 7）。其余各处理，包括环剥 + 遮荫处理的 F_v/F_m 均在 0.82 ~ 0.85 的正常范围内小幅波动，处理间也比较接近，未见明显的光抑制发生。

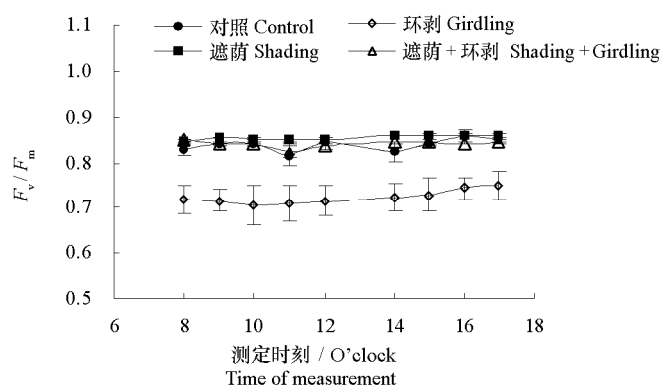


图 7 各处理下叶片 F_v/F_m 值的日变化情况

Fig. 7 Diurnal changes in F_v/F_m under different treatments

3 讨论

3.1 环剥和遮荫对新梢生长效应的影响

大量的研究表明，环剥能显著抑制新梢的生长（周贤军 等，1996；黄旭明 等，2003；王丽敏 等，2010；图 2）。关于环剥抑制新梢生长的机理，人们普遍认为由于环剥阻止了光合产物向根系运输，导致根系饥饿，使得对水分和矿物质元素的吸收能力和细胞分裂素合成能力降低，进而抑制新梢的生长（Goren et al., 2004）。这一假设可以解释在主干或主枝上的环剥效应。但是黄旭明等（2003）、王丽敏等（2010）以及本试验同是在小枝上进行环剥处理，对根系营养供应的影响可以忽略不计，可见，环剥抑制枝梢的生长并非通过抑制根系的活动实现，而是更为直接的效应。王丽敏等（2010）发现，环剥后一些矿质营养如铁、锰、铜等的运输受到明显抑制，显示韧皮部还是这些元素运输的重要途径。不排除这一途径的中断导致枝梢生长受抑。

遮荫对植物营养生长的影响比较复杂，遮荫不利于梧桐幼苗（闫兴富 等，2009）、红松幼苗的生长（金鑫 等，2009），而对匙叶天南星（范燕萍 等，1998）和柑橘幼苗（彭永宏和 Etienne, 1998）有促进作用。王兴等（2000）发现遮荫使生长促进类激素 GA_3 、IAA 和 ZR 与生长抑制类激素 ABA 和 JA 的比值均高于同期对照，促进半夏块茎的生长。显然不同植物对光照条件的适应性不同。但是，遮荫能显著抑制荔枝枝梢的生长（Hieke et al., 2002；图 2），表明荔枝新梢的生长依赖光照，属于不耐阴植物。Hieke 等（2002）发现遮荫对荔枝枝梢生长的抑制效应与遮荫处理的遮光率呈正比，显示遮荫对枝梢生长的影响主要是由于对光合作用，即碳素营养合成与供应的影响。由于本试验采用的是单株局部遮荫试验设计，遮荫抑制枝梢生长的效应还透露出另一个信息：被遮荫的枝条并不能从相邻未被遮荫的枝条中获取碳素营养。遮荫对枝梢生长的抑制可以回避枝梢向暗处生长而造成树体资源的浪费，具有积极的生态意义。

3.2 环剥与遮荫处理对叶片光合生理的影响

王丽敏等（2010）以及本试验的研究结果（图 3）表明，环剥处理抑制荔枝叶片的叶绿素的积

累,并导致光合速率显著降低(图6)。戴宏芬等(2010)以及本试验发现环剥能削弱荔枝叶片的光合效率,降低叶片的净光合速率。Goren 等(2004)提出的“光合作用的反馈抑制”假说,指出环剥后过量的碳水化合物积累从而抑制光合作用,其机制主要有:(1)淀粉粒的扩大破坏了叶绿体;

(2)气孔的关闭;(3)磷酸化中间体的积累和无机磷的耗竭;(4)间接的抑制光合作用所需的蛋白质编码基因的表达。Cheng 等(2008)也发现环剥后导致叶片气孔导度和 RuBPCase 活力下降,而 RuBPCase 活性的降低主要是由于 RuBPCase 激活剂活性降低,最终导致净光合作用值下降。环剥后叶绿素的显著降低,也显示光反应机制也受到了破坏。

环剥导致荔枝淀粉显著积累已有报道(黄旭明 等,2003)。但是本试验中,环剥后老叶的淀粉含量与对照无显著差异(图5)。可能是试验期间处于秋冬季节,对照植株进入生长停滞状也大量积累淀粉(袁炜群 等,2009),而环剥处理因光合作用降低,淀粉累积虽早,但速度不及对照,最终积累的淀粉未必高于对照。

F_v/F_m 是最大光化学量子效率,反映 PS II 反应中心内光能转换效率,也被称为 PS II 最大的光能转换效率。在非胁迫条件下该参数的变化很小,不受物种影响,正常环境条件下, F_v/F_m 在 0.832 左右(冯建灿 等,2002),但胁迫条件下该参数明显下降,显示光抑制的发生(张守仁,1999)。本试验中,环剥处理导致叶片 F_v/F_m 值持续下降,在早晨和傍晚未见该值的回升,显示叶片发生了永久性的光抑制(Urban & Alphonsout, 2007)。此时,植物吸收的光能超过其转化能力, O_2 可作为氧化剂从 PSI 还原侧接受电子形成氧自由基,即 Mehler 反应,所产生的氧自由基对细胞有毒害作用,这些氧自由基加剧了光合机构的损害(贾虎森 等,2000),与之同步变化的是叶片黄化,体现在叶片 SPAD 的降低(图3),显示叶绿素的破坏。环剥处理使叶片 F_v/F_m 值、 P_n 值均显著降低,而遮荫+环剥处理的叶片 P_n 值有所降低,而 F_v/F_m 值正常。可见,环剥处理破坏了叶片的光反应系统,而其破坏作用与光照有直接关系。

在遮荫条件下,植物叶片可进行一定程度的适应反应,例如,叶绿素 a、叶绿素 b 含量增加(刘悦秋 等,2007; Li et al., 2011),从而提高叶片吸收和聚集光能的能力。而在本试验中,遮荫处理对叶绿素积累的影响并不显著(图3)。张依等(2009)指出遮荫后形成的弱光环境造成 PS II 反应中心的可逆性失活而未对它造成实质性的破坏,减弱了植物正常的光合作用;但牟会荣等(2008)的研究结果表明,遮荫提高了 PS II 的最大光化学转化效率(F_v/F_m),但降低叶片 PS II 的实际光化学效率,引起单叶光合速率下降。在本试验中,遮荫处理后叶片的 F_v/F_m 值与对照一致,可见,遮荫下叶片光反应系统并未受到破坏,而在相同人工光照条件下,遮荫处理的叶片光合速率仍然显著低于对照,可能与叶片暗反应系统在遮荫条件下活性减弱有关。

综上所述,遮荫条件和环剥处理均能显著抑制荔枝新梢生长,两者均导致叶片光合能力显著降低。其中,环剥处理导致了荔枝叶片光合机构的破坏,体现为 F_v/F_m 值持续下降和叶片黄化,而这一效应与光照有直接关系,遮荫可以显著缓解这一效应。遮荫处理不会损害叶片的光反应系统,表现为叶片 F_v/F_m 值维持正常水平,遮荫抑制叶片光合作用可能与暗反应系统弱化有关。

References

- Cheng Y, Arakawa O, Kasai M, Sawada S. 2008. Analysis of reduced photosynthesis in the apple leaf under sink-limited conditions due to girdling. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 77 (2): 115 - 121.
- Dai Hong-fen, Qiu Yan-ping, Yuan Pei-yuan, Li Zhi-qiang, Wang Xiao-rong. 2010. Effects of trunk spiral girdling on photosynthesis and transpiration of young 'Guiwei' litchi during fruit development period. *Acta Horticulturae Sinica*, 37 (8): 1241 - 1246. (in Chinese)
- 戴宏芬, 邱燕萍, 袁沛元, 李志强, 王晓容. 2010. 螺旋环剥对幼龄‘桂味’荔枝果期光合和蒸腾作用的影响. *园艺学报*, 37 (8): 1241 - 1246.

- Fan Yan-ping, Yu Rang-cai, Guo Zhi-hua. 1998. Effects of shading on the growth and photosynthetic characteristics in *Spathiphyllum palls*. *Acta Horticulturae Sinica*, 25 (3): 63 - 67. (in Chinese)
- 范燕萍, 余让才, 郭志华. 1998. 遮荫对匙叶天南星生长及光合特性的影响. *园艺学报*, 25 (3): 63 - 67.
- Feng Jian-can, Hu Xiu-li, Mao Xun-jia. 2002. Application of chlorophyll fluorescence dynamics to plant physiology in adverse circumstance. *Economic Forest Reseaches*, 20 (4): 14 - 18. (in Chinese)
- 冯建灿, 胡秀丽, 毛训甲. 2002. 叶绿素荧光动力学在研究植物逆境生理中的应用. *经济林研究*, 20 (4): 14 - 18.
- Goren R, Huberman M, Goldschmidt E E. 2004. Girdling: Physiological and horticultural aspect. *Horticultural Reviews*, 30: 1 - 27.
- Hieke S, Menzel C M, Luders P. 2002. Effects of light availability on leaf gas exchange and expansion in lychee (*Litchi chinensis*). *Tree Physiology*, 2: 1249 - 1256.
- Huang Xu-ming, Wang Hui-cong, Yuan Wei-qun. 2003. Effects of twig girdling at different stages on new shoot growth and carbon nutrient reservation. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (2): 192 - 194. (in Chinese)
- 黄旭明, 王惠聪, 袁炜群. 2003. 荔枝环剥时期对新梢生长及碳素储备的影响. *园艺学报*, 30 (2): 192 - 194.
- Jia Hu-sen, Li De-quan, Han Ya-qin. 2000. Advances in studies on photoinhibition in photosynthesis of higher plants. *Chinese Bulletin of Botany*, 17 (3): 218 - 224. (in Chinese)
- 贾虎森, 李德全, 韩亚琴. 2000. 高等植物光合作用的光抑制研究进展. *植物学通报*, 17 (3): 218 - 224.
- Jin Xin, Hu Wan-liang, Ding Lei, Kang Xin-gang, Zhao Hao-yan. 2009. Effect of shading on the growth and photosynthetic characteristics of *Pinus koraiensis*. *Journal of Northeast Forestry University*, 37 (9): 12 - 13, 47. (in Chinese)
- 金鑫, 胡万良, 丁磊, 亢新刚, 赵浩彦. 2009. 遮荫对红松幼苗生长及光合特性的影响. *东北林业大学学报*, 37 (9): 12 - 13, 47.
- Li Y, Zhao H, Duan B, Korpelainen H, Li C. 2011. Effect of drought and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of *Cotinus coggygia* seedlings under two different light conditions. *Environment and Experimental Botany*, 71: 107 - 113.
- Liu Yue-qiu, Sun Xiang-yang, Wang Yong, Liu Yin. 2007. Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of *Urtica dioica*. *Acta Ecologica Sinica*, 27 (8): 3457 - 3464. (in Chinese)
- 刘悦秋, 孙向阳, 王勇, 刘音. 2007. 遮荫对异株荨麻光合特性和荧光参数的影响. *生态学报*, 27 (8): 3457 - 3464.
- Mu Hui-rong, Jiang Dong, Han Ting-bo, Jing Qi, Cao Wei-xing. 2008. Effect of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characters in wheat flag leaves. *Scientia Agricultura Sinica*, 41 (2): 599 - 606. (in Chinese)
- 牟会荣, 姜东, 戴廷波, 荆奇, 曹卫星. 2008. 遮荫对小麦旗叶光合及叶绿素荧光特性的影响. *中国农业科学*, 41 (2): 599 - 606.
- Peng Yong-hong, Etienne Rabe. 1998. Influence of shading on growth and microenvironment of container-grown citrus nursery trees. *Journal of Fruit Science*, 15 (4): 306 - 310. (in Chinese)
- 彭永宏, Etienne Rabe. 1998. 遮光处理对容器柑桔幼苗生长与微环境的影响. *果树科学*, 15 (4): 306 - 310.
- Rivas F F, Fornes M, Agust I. 2008. Girdling induces oxidative damage and triggers enzymatic and non-enzymatic antioxidative defences in citrus leaves. *Environmental and Experimental Botany*, 64 (3): 256 - 263.
- Urban L, Alphonsout L. 2007. Girdling decreases photosynthetic electron fluxes and induces sustained photoprotection in mango leaves. *Tree Physiology*, 27 (3): 345 - 352.
- Wang Li-min, Wang Hui-cong, Li Jian-guo, Huang Xu-ming. 2010. Effects of branch girdling on shoot growth and mineral nutrients in *Litchi*. *Journal of Fruit Science*, 27 (2): 257 - 260. (in Chinese)
- 王丽敏, 王惠聪, 李建国, 黄旭明. 2010. 枝梢环剥对荔枝新梢生长和叶片矿质营养的影响. *果树学报*, 27 (2): 257 - 260.
- Wang Xing, Xue Jian-ping, Zhang Ai-min. 2008. Effects of shading on fresh weight and endogenous of *Pinellia ternata* tuber. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 22 (4): 514 - 518. (in Chinese)
- 王兴, 薛建平, 张爱民. 2000. 遮荫对半夏块茎鲜重及其内源激素含量的影响. *核农学报*, 22 (4): 514 - 518.
- Xu Chang-jie, Chen Wen-jun, Chen Kun-song, Zhang Shang-long. 1998. A simple method for determining the content of starch-iodine colorimetry. *Biotechnology*, 8 (2): 41 - 43. (in Chinese)
- 徐昌杰, 陈文峻, 陈昆松, 张上隆. 1998. 淀粉含量测定的一种简便方法——碘显色法. *生物技术*, 8 (2): 41 - 43.

- Yan Xing-fu, Zhou Li-biao, Wang Jian-li, Lei Qian. 2009. Effects of shade treatments on the seed germination and early growth of *Firmiana simplex* seedling. *Hubei Agricultural Sciences*, 48 (8): 1925 - 1929. (in Chinese)
- 闫兴富, 周立彪, 王建礼, 雷 茜. 2009. 遮荫处理对梧桐种子萌发和幼苗早期生长的影响. *湖北农业科学*, 48 (8): 1925 - 1929.
- Yuan R, Huang H. 1988. Litchi fruit abscission: Its patterns, effect of shading and relation to endogenous abscisic acid. *Scientia Horticulturae*, 36: 281 - 292.
- Yuan Rong-cai, Huang Hui-bai. 1993. Regulation of root and shoot growth and fruit drop of young litchi trees by trunk girdling in view of source - sink relationship. *Journal of Fruit Science*, 10 (4): 195 - 198. (in Chinese)
- 袁荣才, 黄辉白. 1993. 从调节源—库关系看环剥对荔枝幼树根梢生长与座果的调控. *果树科学*, 10 (4): 195 - 198.
- Yuan Wei-qun, Huang Xu-ming, Wang Hui-cong, Li Jian-guo, Chen Hou-bin, Yin Jin-hua. 2009. Seasonal changes in carbon nutrition reserve in Nuomici litchi trees and its relation to fruit load. *Acta Horticulturae Sinica*, 36 (11): 1568 - 1574. (in Chinese)
- 袁伟群, 黄旭明, 王惠聪, 李建国, 陈厚彬, 尹金华. 2009. ‘糯米糍’荔枝碳素营养储备动态与坐果的关系. *园艺学报*, 36 (11): 1568 - 1574.
- Zhang Shou-ren. 1999. A discussion on chlorophyll fluorescence kinetics parameters and their significance. *Chinese Bulletin of Botany*, 16 (4): 444 - 448. (in Chinese)
- 张守仁. 1999. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论. *植物学通报*, 16 (4): 444 - 448.
- Zhang Yi, Zhuo Li-huan, Wang Cheng-zhong. 2009. Effects of shade treatments on net photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of *Cercis canadensis* ‘Forest Pansy’. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 32 (6): 52 - 56. (in Chinese)
- 张 依, 卓丽环, 汪成忠. 2009. 遮光对紫叶加拿大紫荆光合速率及叶绿素荧光参数的影响. *河北农业大学学报*, 32 (6): 52 - 56.
- Zhou Xian-jun, Wu Ding-yao, Huang Hui-bai. 1996. Manipulating growth and fruiting of young litchi trees by spiral girdling. *Acta Horticulturae Sinica*, 23 (1): 13 - 18. (in Chinese)
- 周贤军, 吴定尧, 黄辉白. 1996. 螺旋环剥对幼龄荔枝树生长结果的调控作用. *园艺学报*, 23 (1): 13 - 18.
- Zhou Yan-hong, Huang Li-feng, Yu Jing-quan. 2004. Effects of sustained chilling and low light on gas exchange, chlorophyll fluorescence quenching and absorbed light allocation in cucumber leaves. *Acta Photophysiological Sinica*, 30 (2): 153 - 160. (in Chinese)
- 周艳虹, 黄黎锋, 喻景权. 2004. 持续低温弱光对黄瓜叶片气体交换、叶绿素荧光猝灭和吸收光能分配的影响. *植物生理与分子生物学学报*, 30 (2): 153 - 160.
- Zhou Yong-mei, Jiang Jian-chu, Chen Jian-hong, Xue Jin-jun. 2008. Effect of girdling on photosynthesis and content of sugar of root phloem and flower bud formation. *Journal of Guangxi Agricultural and Biological Science*, 27 (1): 70 - 72. (in Chinese)
- 周咏梅, 姜建初, 陈建红, 薛进军. 2008. 环剥对杠果幼树光合作用及根韧皮部糖含量和成花的影响. *广西农业生物科学*, 27 (1): 70 - 72.

新书推荐

《猕猴桃属 分类 资源 驯化 栽培》 黄宏文主编

本书共分八章, 全面介绍了全球猕猴桃属植物的分类、系统进化、资源分布、物种特征及遗传变异等; 同时详细介绍了猕猴桃驯化栽培史、品种选育及其商业化栽培和管理。本书既注重专属植物志类专著在分类系统、起源进化、遗传变异、区系地理和物种分布格局等方面的系统整理和阐释, 特别是猕猴桃属 54 个种、21 个变种的详尽描述并配有枝叶花果彩图图示, 也兼顾了果树大全类专著在引种驯化历史、遗传资源变异、品种选育改良、果园栽培管理和产业格局和关键果树园艺技术的介绍和分析。为从事植物分类学、植物资源学、植物遗传育种学和果树园艺学相关学者和猕猴桃种植者提供一部内容丰富、资料翔实、分析可鉴的专属植物志及工具书。科学出版社 2013 年出版, 全书 60 万字, 彩页印刷, 定价 280 元。

购书者请与湖北省武汉市武昌区磨山 中国科学院武汉植物园李大卫同志联系, 邮编 430074; 电话 18672330536。