

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.06.019

翟勇进, 马小军, 莫长明. 遮荫对桂南种植罗汉果净光合速率和品质的影响[J]. 广西植物, 2013, 33(6):822—826

Zhai YJ, Ma XJ, Mo CM. Influence of shading on net photosynthetic rate and quality of *Siraitia grosvenorii* cultivated in south Guangxi[J]. *Guihaia*, 2013, 33(6):822—826

遮荫对桂南种植罗汉果净光合速率和品质的影响

翟勇进¹, 马小军^{1,2*}, 莫长明¹

(1. 广西壮族自治区药用植物园, 南宁 530023; 2. 中国医学科学院 中国协和医科大学药用植物研究所, 北京 100094)

摘要: 通过大田栽培试验, 探讨生育后期不同遮荫处理(遮荫率 0、30%、50% 和 70%) 对罗汉果净光合速率和罗汉果品质的影响。经过遮荫处理, 罗汉果净光合速率日变化曲线由对照组(遮荫率为 0) 的双峰型转变为单峰型, 曲线峰值出现在中午 12:00 时。遮荫率 50% 处理的曲线峰值、罗汉果昔 V 含量和干果重比其它遮荫处理和对照组的高。结果表明, 在桂南种植的罗汉果, 生育后期给予遮荫率 50% 的处理对增加罗汉果的净光合速率, 提高罗汉果昔 V 含量和干果重较为有利。

关键词: 罗汉果; 遮荫; 净光合速率; 桂南; 罗汉果昔 V

中图分类号: S567.239 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)06-0822-05

Influence of shading on net photosynthetic rate and quality of *Siraitia grosvenorii* cultivated in south Guangxi

ZHAI Yong-Jin¹, MA Xiao-Jun^{1,2*}, MO Chang-Ming¹(1. *Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plant*, Nanning 530023, China; 2. *Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College*, Beijing 100094, China)

Abstract: Different shading treatments (shading rate 0, 30%, 50% and 70%) were used to study the influence on net photosynthetic rate and quality of *Siraitia grosvenorii* at the late growth stage through the field conditions. The diurnal variation of net photosynthetic rate varied from a bimodal curve under control group (shading rate 0) to a unimodal one under shading condition and curve peak value appeared at 12:00 noon. Curve peak value, the content of mogroside V and dried fruit weight under the treatment of 50% shading rate were higher than those under the treatments of other shading rates. The results showed that at the late growth stage of *S. grosvenorii* cultivated in south Guangxi, the treatment of 50% shading rate increased net photosynthetic rate, and it was good for dried fruit weight and improving the content of mogroside V.

Key words: *Siraitia grosvenorii*; shading; net photosynthetic rate; south Guangxi; mogroside V

罗汉果为多年生草质藤本植物, 被国家卫生部列入第一批既是食品又是药品的品种名单中(范继善, 1993)。许多文献报道了罗汉果的栽培、药理作用和化学成分(林岩香等, 1997; 王勤等, 1999; 蒋水

元等, 2008)。罗汉果昔 V 作为罗汉果的主要成份(Li *et al.*, 2007), 目前还无法进行化学合成, 完全依赖大田生产, 罗汉果昔 V 作为罗汉果的重要指标之一, 具有止咳祛痰和增强免疫力的作用(王勤等,

收稿日期: 2013-02-26 修回日期: 2013-05-08

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAI01B03); 国家自然科学基金(30860379, 30960500)

作者简介: 翟勇进(1969-), 男, 广西桂林人, 硕士, 主要从事药用植物生态研究, (E-mail)zhaiyongjin2007@163.com。

*通讯作者: 马小军, 博士后, 研究员, 博士生导师, 主要从事利用生物技术提高药用植物产质量的研究, (E-mail)xjma@public.bta.net.cn。

1999), 可被糖尿病人食用, 在茶饮品、保健品中可作为甜味剂广泛使用, 具有很大的市场开发价值。果实中的糖主要来自叶片的光合产物(谢兆生, 2008), 不同光质影响罗汉果的净光合速率和植株的生长发育(黄宁珍等, 2008), 罗汉果苷 V 形成主要出现在生育后期(刘金磊, 2007)。据文献报道, 番茄在生育后期适度遮荫, 有利于净光合速率和单果重增加(刘贤赵等, 2002), 夏季给猕猴桃遮荫, 可显著提高果实的产量与品质(何科佳等, 2007)。光合有效辐射的改变与罗汉果苷 V 的含量关系报道尚少, 本研究通过罗汉果生育后期不同遮荫处理, 探讨罗汉果的净光合速率与罗汉果苷 V 含量和干果重等的相互关系, 为罗汉果的栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

试验材料永青一号: 本课题组选育的大果实型品种, 系 2009 年当年无性组培植株, 种植于广西壮族自治区药用植物园罗汉果种质源试验基地。基地位于南宁市, 海拔 75 m, 属低丘陵地带, 试验用地总面积约为 1 667.5 m², 土壤为带沙的黄壤。当地年平均气温 21.6 °C, 光照充足, 平均降雨量 1 304.2 mm, 平均相对湿度为 79%, 全年无霜期 345 d, 属湿润的亚热带季风气候区。

1.2 方法

1.2.1 遮荫方法 在罗汉果授粉后 30~90 d 之间进行不同遮荫处理。统一选取长势一致的植株, 设 4 种处理: 遮荫率分别为 0(对照组)、30%、50% 和 70%, 每个处理重复 3 次, 其它日常管理相同。遮阳网的透光率确定是在晴天中午光直射条件下用照度计(LX1330)测量 5 次取平均值, 遮荫材料为市场销售的黑色遮荫网。

1.2.2 净光合速率的测定 试验各处理分别选取 3 株长势基本一致, 三级蔓上第 4 片到第 6 片上层叶片的成熟功能叶作为测定对象, 时间为 2009 年 9 月 20 日至 10 月 30 日, 即从罗汉果授粉 30~90 d 果实成熟的生育后期进行。在大田自然条件下进行活体罗汉果植株净光合速率等相关参数测量。即分别在授粉后的第 50、70 和 90 d, 用美国便携式光合测定仪 LI-6400, 采用开路系统, 光源调到 1 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (翟勇进等, 2009)。在早上 9:30 时至 11:00 时测净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气

温(T_a)、大气 CO₂ 浓度(C_a)、相对湿度(RH)、光合有效辐射(PAR)等, 重复 3 次。9 月 30 日(授粉第 60 d)测不同处理条件下光合特性的日变化, 光源为自然光, 采用开路系统, 温度为 大田测量时的即时温度, 从上午 8:00 时到下午 18:00 时每隔 2 h 测 1 次, 方法同前。

1.2.3 叶绿素、类胡萝卜素的测定 分别在授粉后的第 50、70 和 90 d 早上 8:00 时之前采叶完毕, 每种处理为三株, 每株采 3 片叶, 放在装有冰袋的泡沫箱子中并覆盖湿纱布, 带回实验室测量。叶绿素、类胡萝卜素含量按 Holm 和 Wetstein 公式计算(Saric, 1986), 测得数据取平均值。

1.2.4 果重、果径的测定 随机取各遮荫处理成熟罗汉果(授粉第 85 d 后)干果 10 个, 用精确度为万分之一的电子天平称重。果径用游标卡尺测量, 以果实中轴线为主, 测量其纵径和横径, 所测得数据取均值。

1.2.5 果肉的保存方法 根据挂牌标记授粉时间分别取授粉时间相同(即授粉第 50、70 和 90 d)和体积相近的果实, 迅速分离果肉, 每种处理重复 3 次, 液氮速冻后置于 -80 °C 冰箱中保存。测量前, 将果肉放置于冷冻干燥机中冻干 48 h 以上, 将其冻干粉用于样品测定。

1.2.6 罗汉果苷 V 的测定 采用 HPLC 法进行罗汉果苷 V 含量的测定(刘金磊等, 2007)。

1.3 数据处理

使用 Excel 2003 做数据统计和 SPSS 13.0 软件进行净光合速率与光合有效辐射等参数的相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同遮荫处理对气象因素和罗汉果净光合速率的影响

图 1 显示, 不同遮荫处理的光合有效辐射的日变化呈梯度变化, 10:00 时之前, 随着时间的推移, 光合有效辐射的强度逐渐增加, 在 10:00~14:00 之间, 光合有效辐射较高, 相对变化不大, 16:00 以后, 降低速度加快。与其相对应的是荫棚内温度从早上 8:00 时开始不断升高, 12:00 时达最高, 为 28.54 °C(对照组), 然后逐渐下降, 14:00 时后上升, 16:00 时达到一个小峰值, 然后下降, 直到 18:00 时以后。相对湿度早上 8:00 时开始略有增加, 下午 14:00 时达到 80%, 遮荫 50% 和遮荫 70% 处理的相对湿度比

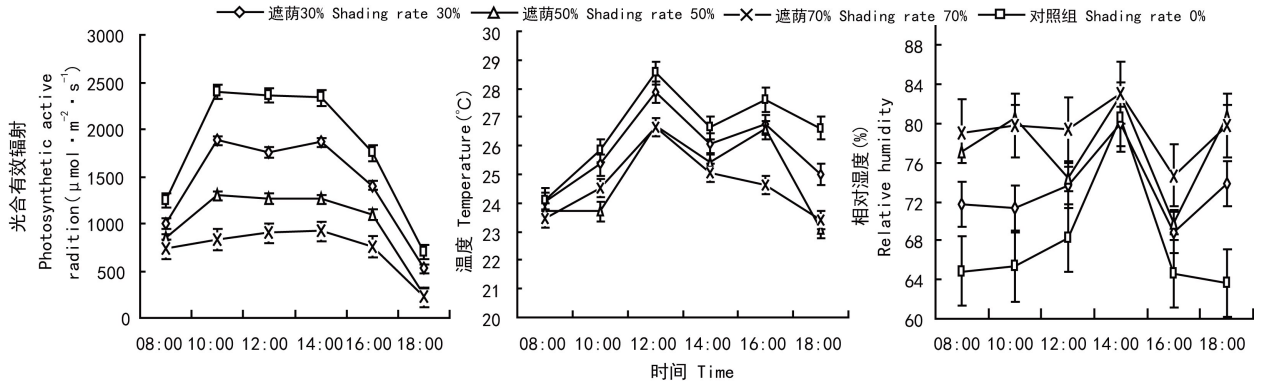


图1 不同遮荫条件下气象因素和净光合速率的日变化

Fig. 1 Diurnal variation of climatic factors and net photosynthetic rate under different shading conditions

遮荫30%和对照组高,其原因是随着光合有效辐射的降低,水分蒸发减慢,遮荫的区域形成一个小气候区。

遮荫改善了罗汉果的生长环境。适度的遮荫能有效降低罗汉果上层叶片的温度,温度降低幅度在0.65~3.86℃之间,遮荫后的环境温度在22~28.0℃之间,温度18.0~28.0℃之间是罗汉果生长的适宜范围(张雨平,2006)。同时遮荫处理能促进环境湿度增加,遮荫50%和遮荫70%处理的湿度比遮荫30%和对照组高。

经过遮荫处理,罗汉果净光合速率日变化曲线发生改变,由对照组(遮荫率为0)的双峰型变为单峰型,不同遮荫处理其峰值变化幅度不一样(图2),其中遮荫率为50%的峰值高于遮荫率为30%、70%和对照组的值。在整个罗汉果生育后期,遮荫率50%处理,其净光合速率最高(表1)。

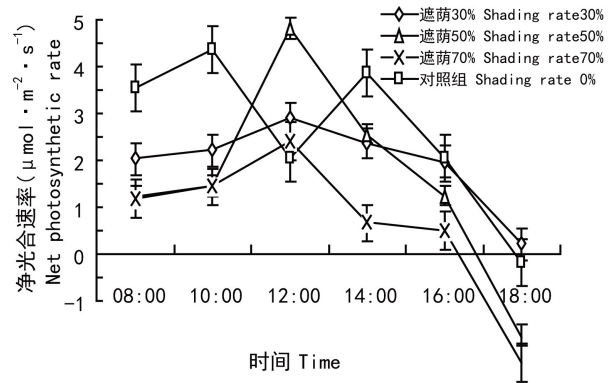


图2 不同遮荫条件下净光合速率日变化

Fig. 2 Diurnal variation of net photosynthetic rate under different shading conditions

间都呈显著正相关(图3)。遮荫条件下,罗汉果的气孔导度和蒸腾速率之间存在一定相关性,统计分析其相关性分别是:遮荫30%为显著相关($P < 0.05$),遮荫50%为极显著正相关($P < 0.01$),遮荫70%为显著相关($P < 0.05$)。气孔导度和蒸腾速率日变化在遮荫条件下为单峰型,气孔导度和蒸腾速率的均值为遮荫50% > 遮荫30% > 遮荫70%。

2.3 不同遮荫处理对生育后期罗汉果光合色素的影响

罗汉果生育后期给予不同的遮荫处理,遮荫50%的罗汉果光合色素增加明显(表2),叶绿素均值为2.68 mg·g⁻¹,高出对照组约19.11%,类胡萝卜素含量始终比对照组高。叶绿素、类胡萝卜素与对照组差异显著。遮荫处理后,叶绿素含量的大小顺序是遮荫50% > 遮荫30% > 遮荫70%,这说明适当遮荫有利于叶绿素含量的增加,遮荫过度则降低叶绿素的含量,影响叶片正常的生长发育,导致衰老提前。

表1 不同遮荫处理对净光合速率的影响

Table1 Influence of different shading conditions on net photosynthetic rate

处理 Treatment	净光合速率 Net photosynthetic rate ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		
	9月20日	10月10日	10月30日
遮荫30% Shading rate 30%	9.96	5.98	5.02
遮荫50% Shading rate 50%	10.49	7.55	5.17
遮荫70% Shading rate 70%	8.21	4.66	4.52
对照组 Shading rate	5.88	4.93	4.97

2.2 不同遮荫处理条件下罗汉果气孔导度和蒸腾速率的日变化

遮荫处理后,罗汉果的蒸腾速率与气孔导度之

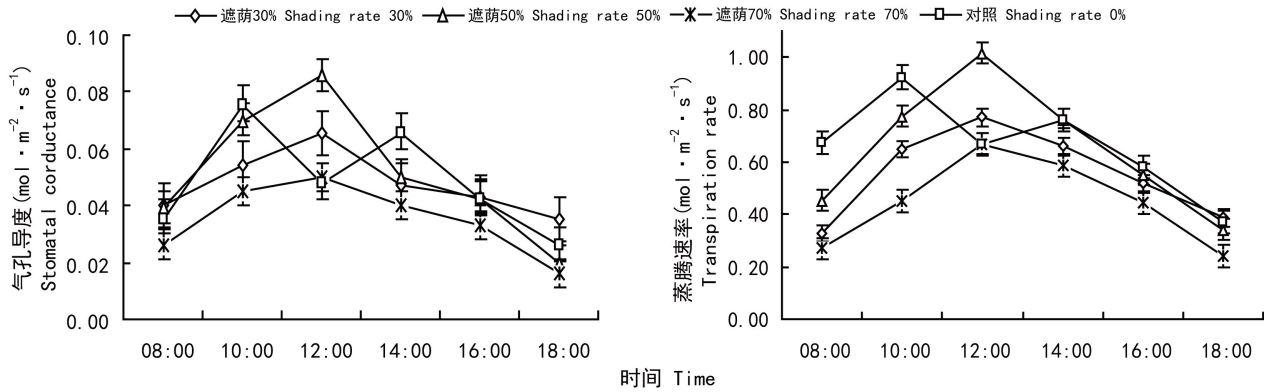


图 3 不同遮荫条件下气孔导度和蒸腾速率的日变化

Fig. 3 Diurnal variation of stomatal conductance and transpiration rate under different shading conditions

表 2 不同遮荫处理对叶绿素的影响

Table 2 Influence of different shading conditions on chlorophyll

处理 Treatment	9月20日		10月10日		10月30日	
	叶绿素 Chl (mg · g ⁻¹)	类胡萝卜素 Car (mg · g ⁻¹)	叶绿素 Chl (mg · g ⁻¹)	类胡萝卜素 Car (mg · g ⁻¹)	叶绿素 Chl (mg · g ⁻¹)	类胡萝卜素 Car (mg · g ⁻¹)
遮荫 30% Shading rate 30%	2.94b	1.18b	2.14b	0.92b	1.64b	0.72b
遮荫 50% Shading rate 50%	3.47a	1.27a	2.60a	1.08a	1.96a	0.84a
遮荫 70% Shading rate 70%	2.89b	0.83b	1.90b	0.80b	1.40b	0.63b
对照组 Shading rate	2.90b	1.12b	2.19b	0.94b	1.66b	0.81b

注: 小写字母代表不同遮荫处理间差异显著。

Note: Different small letters above table indicate significant differences of diferent shade rates.

2.4 不同遮荫处理对罗汉果干果重和罗汉果苷 V 含量的影响

从表 3 可知, 不同遮荫处理, 罗汉果的大小相差不明显。遮荫 50% 的罗汉果干果均重最重, 达到 23.62 g, 与对照组差异明显 ($P < 0.05$)。而遮荫 70% 的罗汉果干果重低于对照组, 其重量只有对照组的 86.45%。

在罗汉果生育后期给予 50% 的遮荫, 其罗汉果苷 V 的含量分别比给予 30%、70% 的遮荫和对照组高 22.01%、31.38% 和 26.25%。遮荫 30% 的罗汉果苷 V 含量也比对照组高 3.47%, 只有遮荫 70% 的罗汉果苷 V 含量低于对照组。

3 讨论

本研究表明, 在桂南种植罗汉果, 生育后期给予不同遮荫处理 (0、30%、50% 和 70%), 罗汉果净光合速率变化不一样, 其中遮荫率为 50% 的处理其净光合速率最高。罗汉果生育后期生境所在地气温高、

表 3 不同遮荫处理对罗汉果干重和罗汉果苷 V 的影响
Table 3 Influence of different shading conditions on dried fruit weight and mogroside V

处理 Treatment	纵径 Diameters (cm)	横径 Projection (cm)	干重 Dry weight (g)	罗汉果苷 V Mogroside V (%)
遮荫 30% Shading rate 30%	5.53	5.15	22.27b	4.77b
遮荫 50% Shading rate 50%	6.14	5.38	23.62a	5.82a
遮荫 70% Shading rate 70%	5.90	5.26	19.72b	4.43b
对照组 Shading rate	5.89	5.34	22.81b	4.61b

光照强度大, 时间长, 从早上 10:00 时开始持续到下午 14:00 时, 高达 $2\ 396.89\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (遮荫率 0 即对照组), 造成对照组长时间直接暴露在强光下, 光合有效辐射极大地超出了罗汉果的光饱和点, 同时叶片温度升高, 相对湿度降低, 它们共同作用降低了罗汉果的净光合速率。遮荫率 50% 的处理提高了荫棚内的相对湿度, 同时降低罗汉果叶片温度, 它们的均值分别比对照组提高 14.28% 和降低 1.69

℃,接近野生罗汉果生长温度 22℃~28℃和湿度保持 80%左右的生境(张雨平,2006)。在遮荫条件下,罗汉果净光合速率与光合有效辐射显著相关($P < 0.05$),光合有效辐射强度在遮荫率 50%处理的条件下,从早上 10:00 时到下午 16:00 时保持相对稳定,其值约为 $1\ 299.00\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,与罗汉果光饱和点 $1\ 100.00\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 接近。同时,在遮荫率 50%的条件下,罗汉果光合色数增加明显(表 2),叶绿素和类胡萝卜素含量比其它处理都高,叶绿素含量高,有利于提高叶片的光能利用效率。而类胡萝卜素含量高有利于在高温、强光照的情况下,保护叶绿素结构免遭破坏,提高叶片的光合速率。综上所述,遮荫率 50%的处理对增加罗汉果的净光合速率较为有利。试验表明,罗汉果净光合速率日变化曲线在遮荫处理条件下为单峰型,而在不遮荫条件下日变化曲线为双峰型(图 2)。在罗汉果生育后期,遮荫条件影响罗汉果净光合速率日变化曲线的主要因素为光合有效辐射,此外气孔导度和蒸腾速率也是制约净光合速率日变化的因素,净光合速率和气孔导度之间呈正相关($P < 0.05$),与蒸腾速率之间呈显著正相关($P < 0.05$)。

适当的遮荫有利于提高罗汉果苷 V 的含量。罗汉果苷的不同苷元都含有一个葫芦烷型四环三萜(罗汉果醇)骨架,多数连接的糖为葡萄糖,差异仅在 C₃ 和 C₂₄ 上连接的葡萄糖数目和方式,从而形成了多种罗汉果苷。在罗汉果生育后期遮荫的条件下,罗汉果苷 V 与其净光合速率显著相关($P < 0.05$),成熟罗汉果(授粉 85 d 后)的罗汉果苷 V 含量在 50%的遮荫条件下最高,达到 5.82%,与对照组差异明显($P < 0.05$)。遮荫率 30%的光合有效辐射强度超过了罗汉果的光饱和点,净光合速率不仅没增大反而减小,积累的光合产物少;而遮荫率 70%的罗汉果苷 V 含量低于对照组,说明遮荫过度和时间过长会造成光照不足和叶绿素含量减少,净光合速率降低,光合产物少,降低罗汉果苷 V 含量。罗汉果生育后期的高温环境,提高了叶片的光呼吸和暗呼吸(潘瑞焱,2004)，“光合午休”消耗一天光合产量的三分之一以上(Xu & Shen,2005),造成对照组的罗汉果苷 V 含量低。遮荫率 50%的处理,降低叶片温度,提高光合色数含量和空气中的相对湿度,使罗汉果净光合速率高于其它处理,相应增加光合代谢产物和干果重。以上试验结果表明:在生产上尽量选

择周围环境植被较好的地方种植罗汉果,也可通过适度的遮荫来提高罗汉果苷 V 的含量和干果重。

参考文献:

- 范继善. 1993. 实用食品添加剂[M]. 天津:天津科学技术出版社:38
- 潘瑞焱. 2004. 植物生理学(第 5 版)[M]. 北京:高等教育出版社:187
- Dianpeng Li, Tsuyoshi Ikeda, Yonglin Huang, et al. 2007. Seasonal variation of mogrosides in Lo Han Kuo(*Siraitia grosvenori*) fruits[J]. *J Nat Med*, **61**:307-312
- He KJ(何科佳), Wang ZY(王中炎), Wang RC(王仁才). 2007. Effects of overhead shading in summer on growth and development of kiwifruit(夏季遮荫对猕猴桃生长发育的影响)[J]. *Hunan Agric Sci*(湖南农业科学), **1**:41-43
- Huang NZ(黄宁珍), Zhao ZG(赵志国), Fu CM(付传明), et al. 2009. Effect of different wavelength lights on photosynthesis and growth of *Siraitia grosvenorii*(不同波长光照对罗汉果光合及生长的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(2):251-255
- Jiang SY(蒋水元), Jiang JG(蒋剑刚), Li F(李锋), et al. 2008. Technology procedure of tissue culture and propagation of *Siraitia grosvenorii*(罗汉果组培繁殖的技术要点)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(6):827-831
- Liu JL(刘金磊), Li DP(李典鹏), Huang YL(黄永林), et al. 2007. Determination mogrol glycosides from fruits of *Siraitia grosvenorii* in different growing ages by HPLC(HPLC 法测定不同生长期罗汉果甙 II, III, V 的含量)[J]. *Guihaia*(广西植物), **27**(4):665-668
- Lin YX(林岩香), Liang JY(梁敬钰), Chen HS(陈黄实). 1997. Chemical research of *Siraitia grosvenorii*(罗汉果化学研究)[J]. *Strait Pharm J*(海峡药学), **9**(2):1-3
- Liou XZ(刘贤赵), Kang SZ(康绍忠). 2006. Effects of shading on photosynthesis, dry matter partitioning and N, P, K concentrations in leaves of tomato plants at different growth stages(不同生长阶段遮荫对番茄光合作用、干物质分配与叶 N、P、K 的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **22**(12):2 264-2 271
- Wang Q(王勤), Li AY(李爱媛), Li XP(李献萍), et al. 1999. The pharmacological effects of *Momordica grosvenori*(罗汉果的药理作用研究)[J]. *Chin J Chin Mat Med*(中国中药杂志), **24**(7):425-428
- Xie ZS(谢兆生), Wang SP(王世平), Xu WP(许文平). 2008. Accumulation of sugars and their regulation in grape berries(葡萄糖果实中的糖分积累和调控)[J]. *Plant Physiol J*(植物生理学通讯), **44**(4):785-790
- Xu DQ, Shen YG. 2005. External and internal factors responsible for midday depression of photosynthesis [M]//Pessarakli M. Handbook of Photosynthesis. New York:287-294
- Zhai YJ(翟勇进), Ma XJ(马小军), Lai JY(赖家业), et al. 2009. Comparison of net photosynthetic rate changes in different species of *Siraitia grosvenorii* in late growth period(不同罗汉果品种生育后期净光合速率变化的比较研究)[J]. *Chin J Chin Mat Med*(中国中药杂志), **34**(22):2 848-2 852
- Zhang YP(张雨平). 2006. The biological characteristics and cultivation technology of *Momordica Grosvenori*(罗汉果的生物特性及栽培技术)[J]. *Xiandai Horti*(现代园艺), **12**:14-16