

5 个种源铁皮石斛的光合特性

张玲菊^{1,2}, 高亭亭¹, 章晓玲¹, 斯金平¹

(1. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地 天然药物研究开发中心, 浙江 临安 311300; 2. 宁波市农业科学研究院, 浙江 宁波 315000)

摘要: 为了解不同种源铁皮石斛 *Dendrobium officinale* 的光合特性, 采用 Li-6400 光合测定系统对 5 个铁皮石斛 (浙江庆元、浙江天台、浙江武义、云南广南、云南麻栗坡) 种源光合速率及光强响应曲线进行了测定分析。结果表明: 铁皮石斛净光合速率、光补偿点、光饱和点均较低, 不同种源间存在一定的差异 ($P<0.05$)。铁皮石斛的光合特性表现出阴生植物的特性, 对光照的需求不强, 在设施栽培过程中要控制光照强度, 促进铁皮石斛优质、低碳、高效生产。图 6 表 1 参 8

关键词: 中草药学; 铁皮石斛; 种源; 净光合速率; 光补偿点; 光饱和点

中图分类号: S567.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2013)03-0359-05

Photosynthetic characteristics of *Dendrobium officinale* from five provenances

ZHANG Lingju^{1,2}, GAO Tingting¹, ZHANG Xiaoling¹, SI Jinping¹

(1. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Research and Development Center for Natural Medicine, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo 315000, Zhejiang, China)

Abstract: To reveal photosynthetic characteristics variation of *Dendrobium officinale* from different provenances to provide reference for producing quality, low-carbon, and efficient *D. officinale*, photosynthetic rate and light intensity response curve of *D. officinale* provenances from Qingyuan, Tiantai, and Wuyi in Zhejiang Province, as well as Guangnan and Malipo in Yunnan Province were studied. Diurnal variation for the photosynthetic rate and light response curves for net photosynthesis to photosynthetic photon flux densities (PPFD) were measured using an “Li-6400 photosynthetic determination system.” Results showed that the net photosynthetic rate, the light saturation point, and the light compensation point in leaves of *D. officinale* were low with some differences ($P<0.05$) among the five provenances. Thus, during cultivation, light intensity must be controlled to ensure quality, low-carbon, and efficient production of *D. officinale*. [Ch, 6 fig. 1 tab. 8 ref.]

Key words: Chinese herbal medicine; *Dendrobium officinale*; provenances; net photosynthetic rate; light saturation point; light compensation point

铁皮石斛 *Dendrobium officinale* 是中国传统名贵中药材, 具有益胃生津、滋阴清热等独特功效^[1]。近年来, 铁皮石斛药材的需求量大增, 人工设施栽培面积迅速扩大。关于铁皮石斛药理与药化^[2]、组培与栽培技术等方面^[3]进行了大量的研究, 并取得了突破性进展, 而对铁皮石斛光合生理特性等基础性研究较少。本研究着重针对设施栽培铁皮石斛的光合特性进行了研究, 为铁皮石斛低碳、高效、优质生产提供参考。

收稿日期: 2012-06-10; 修回日期: 2012-11-27

基金项目: 浙江省科学技术重大专项(2009C12059)

作者简介: 张玲菊, 硕士, 从事药用植物遗传改良研究。E-mail: zhanglingju@163.com。通信作者: 斯金平, 教授, 从事经济林、药用植物遗传改良等研究。E-mail: lssjp@163.com

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于浙江省临安市浙江农林大学智能温室大棚内, 亚热带季风气候, 四季分明, 温暖湿润, 年平均气温为 15.9~17.1 °C, 年最高气温 39.5~42.7 °C, 最低气温 -7.0 °C, 年均相对湿度为 75%~81%, 无霜期为 199~328 d。

1.2 试验材料

选用浙江庆元、浙江天台、浙江武义、云南广南、云南麻栗坡等 5 个不同种源的盆栽铁皮石斛 (经浙江农林大学天然药物研发中心斯金平教授鉴定为铁皮石斛), 生长健壮, 长势基本一致。2011 年 9 月至 10 月晴朗的天气进行光合测定, 5 盆·种源⁻¹, 选取生长一致的茎条 3 个·盆⁻¹ (3 次重复), 各项光合指标均选茎条中上部 3 片功能叶进行测定。

1.3 光合作用日变化测定

于 7:00~17:00 (晴天), 采用 Li-6400 便携式光合作用系统 (Li-cor, USA) 进行净光合速率 (P_n) 日变化的测定, 并记录蒸腾速率 (T_r), 气孔导度 (C_{cond}), 胞间二氧化碳浓度 (C_i), 叶片温度 (T_L), 空气相对湿度 (H_{RH}) 和光照强度 (R_{PAR}) 数据, 隔 2 h 测定 1 次, 中午 11:00~13:00 加测 1 次。为了消除时间上的误差, 每次重复测定时各种源间采取随机测定的方法, 由于铁皮石斛的叶片较小, 无法充满整个叶室, 测定后取回测试叶, 在实验室重新测量叶面积, 得到的数据利用 Excel 和 SPSS 17.0 进行处理与分析。

1.4 光合—光响应曲线的测定

选晴天上午 (7:00~11:00) 进行测定, 采用开放气路, 样品室空气流速为 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$, 温度为 25 °C ± 0.5 °C, 空气相对湿度为 50%~70%, 光合有效辐射设置为 1 000, 800, 600, 400, 200, 150, 100, 50, 0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 等 9 个梯度。根据 P_n — R_{PAR} 回归方程求出各种源的光补偿点 (P_{LCP}), 光饱和点 (P_{LSP}) 和光强下的净光合速率 (P_n), 用直线回归法求得光响应曲线 (P_n — R_{PAR}), 同时求得其斜率即为光合作用的表观量子产额 (y_{AQY})。

2 结果与分析

2.1 外界环境因子的日变化

研究表明: 铁皮石斛光合作用受外界环境因子的影响, 其中以光合有效辐射、温度和空气相对湿度影响最大。光合有效辐射和温度的变化均呈现“低—高一低”的变化趋势, 光合有效辐射中午 12:00 达到峰值; 而空气相对湿度则随着时间的推移呈现“高一低—高”的变化趋势 (图 1)。

2.2 铁皮石斛净光合速率、蒸腾速率、胞间二氧化碳摩尔分数和气孔导度的日变化

2.2.1 净光合速率 5 个种源净光合速率曲线日变化趋势基本一致, 峰值均出现在上午 9:00, 其后缓慢

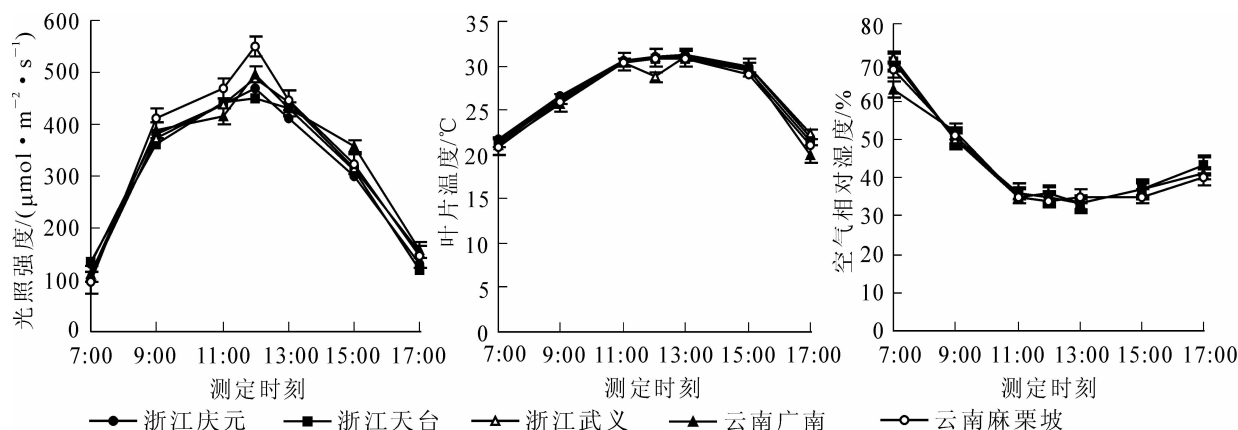


图 1 5 个种源铁皮石斛叶片光合有效辐射 (R_{PAR}), 温度 (T_L) 和空气相对湿度 (H_{RH}) 的日变化
Figure 1 Diurnal variation of photosynthetically active radiation (R_{PAR}), leaf temperature (T_L), and relative humidity (H_{RH}) of leaves from five *Dendrobium officinale* provenances

下降, 至 13:00 出现短暂的微小回升, 但随着光强的下降, 净光合速率又逐渐下降(图 2)。其中浙江天台种源净光合速率日变化曲线呈现明显的“双峰”趋势, 9:00 达到首峰, 峰值为 $2.1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 11:00 迅速下降至最低谷, 值为 $-2.4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 13:00 达到次峰。上述研究结果表明: 5 个种源铁皮石斛日均净光合速率均较低, 光合能力较弱, 早晨弱光照条件下光能转化效率处于最佳状态, 表现出铁皮石斛喜阴的特性。

2.2.2 蒸腾速率 5 个种源铁皮石斛蒸腾速率日变化趋势与净光合速率基本一致, 均于 9:00 达到峰值, 随后迅速下降, 于 11:00 达到低谷, 而后又缓慢回升, 4 个种源于 12:00 出现次峰, 而浙江武义种源则于 13:00 才达到次峰(图 3)。5 个种源蒸腾速率在相同时间点存在较大差异, 如图 3 所示。9:00 以云南麻栗坡最大为 $3.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 而云南广南最小仅为 $2.3 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

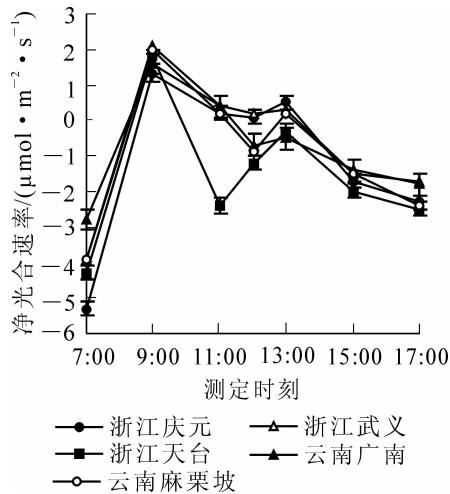


图 2 5 个种源铁皮石斛净光合速率日变化曲线

Figure 2 Diurnal variations of net photosynthetic rate (P_n) in leaves from five *Dendrobium officinale* provenances

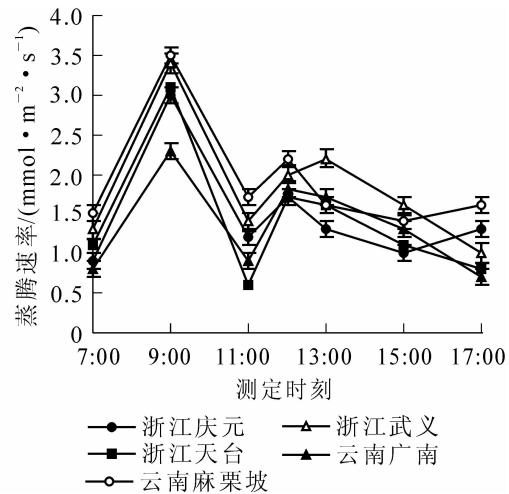


图 3 5 个种源铁皮石斛蒸腾速率日变化

Figure 3 Diurnal variations of transpiration rate (T_r) in leaves from five *Dendrobium officinale* provenances

2.2.3 胞间二氧化碳摩尔分数 二氧化碳是植物进行光合作用主要的原料, 空气中的二氧化碳摩尔分数一般较为稳定, 约为 $380 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 。5 个种源铁皮石斛叶片胞间二氧化碳摩尔分数日变化均呈现“单峰”趋势, 峰值出现在中午 12:00 前后, 基本与净光合速率相反, 当净光合速率较高时, 固定较多的二氧化碳, 引起胞间二氧化碳摩尔分数的降低, 当净光合速率最低时, 胞间二氧化碳摩尔分数就会升高(图 4)。不同种源胞间二氧化碳摩尔分数峰值不同, 以浙江庆元峰值最大, 为 $422 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 浙江武义峰值最低, 仅为 $386 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$; 不同种源胞间二氧化碳摩尔分数在相同时间点存在一定的差异, 其中以 11:00 差异最大, 浙江天台最高为 $376 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 云南麻栗坡最低, 仅为 $300 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

2.2.4 气孔导度 5 个种源铁皮石斛叶片气孔导度日变化趋势呈双峰的曲线(图 5), 与净光合速率基本一致。不同种源间气孔导度存在显著差异, 浙江天台较其他种源日变化大, 并呈明显的“双峰”曲线, 11:00 达到低谷, 仅为 $0.1 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 而其他 4 个种源气孔导度的谷值均出现在中午 12:00。气孔导度受生态因子影响较大, 适宜的光辐射和温度有利于气孔的开张, 气孔阻力降低, 气孔导度上升。中午前后由于光强和温度的升高, 加上叶片水分的缺失, 促使气孔部分关闭, 气孔阻力升高, 气孔导度降低, 净光合速率也随着降低。

2.3 铁皮石斛光合作用的光强响应

从铁皮石斛叶片光合速率对光强的响应来看(表 1, 图 6): 5 个种源铁皮石斛对光强的要求不高, 光饱和点、光补偿点、净光合速率、表观量子效率都较低, 属阴生植物对光强的响应。但种源间存在差异: 其中光饱和点为 $293\sim365 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 云南广南最高, 浙江庆元次之, 云南麻栗坡最低; 光补偿点为 $32\sim65 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 浙江庆元最高, 云南广南次之, 云南麻栗坡最低; 最大净光合速率为 $4.78\sim5.01 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 云南广南的光合速率最强, 浙江庆元最小; 表观量子效率为 $0.015\sim0.020 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 云

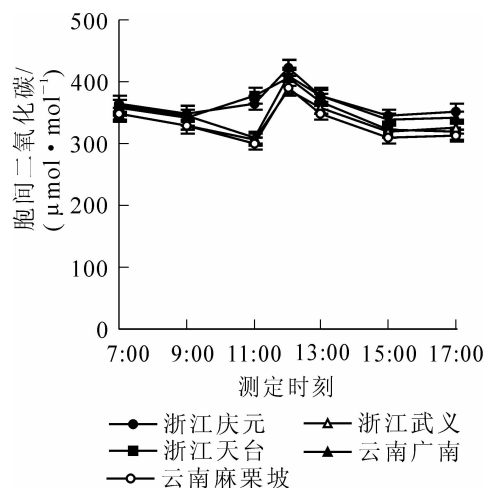


图4 5个种源铁皮石斛叶片胞间二氧化碳日变化

Figure 4 Diurnal variations of intercellular CO_2 concentration (C_i) in leaves from five *Dendrobium officinale* provenances

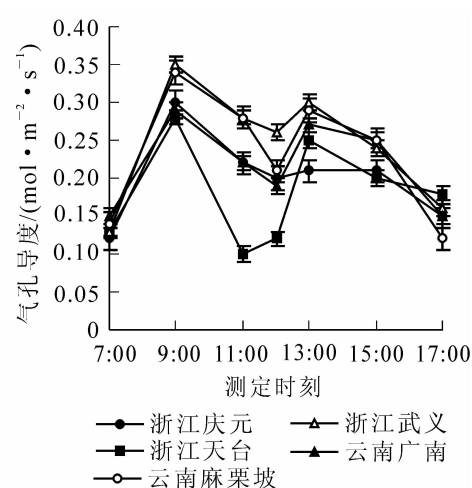


图5 5个种源铁皮石斛叶片气孔导度日变化

Figure 5 Diurnal variations of stomatal conductance (G_s) in leaves from five *Dendrobium officinale* provenances

南广南最大, 浙江庆元最小。5个种源的 P_n-R_{PAR} 拟合方程的相关系数均在 0.9 以上, 说明铁皮石斛的光响应基本一致。

表1 5个种源铁皮石斛光合参数的差异

Table 1 Differences in photosynthetic parameters between leaves from five *Dendrobium officinale* provenances

种源	光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光补偿点/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光饱和点/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	表观量子效率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	暗呼吸速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
浙江庆元	5.25 b	67 a	365 b	0.015 c	1.30 a
浙江天台	4.78 c	53 b	318 c	0.016 c	1.18 b
浙江武义	5.10 bc	32 c	312 c	0.021 b	0.90 d
云南广南	5.43 a	52 b	383 a	0.023 a	1.08 c
云南麻栗坡	5.16 b	34 c	293 c	0.020 b	0.82 d

说明: 不同小写字母表示差异达 5% 显著水平。

3 讨论

浙江庆元、浙江天台、浙江武义、云南广南、云南麻栗坡等 5 个种源铁皮石斛净光合速率日变化趋势基本一致, 但在不同时间点的值存在种源间差异。净光合速率的变动和峰值的变化是由影响叶片光合能力的生理生态因子与环境条件日变化综合作用的结果^[6-7]。

5 个种源铁皮石斛都存在一定的“午休”现象, 其中浙江天台种源净光合速率日变化曲线呈现“双峰”趋势, 有明显“午休”现象。引起植物光合“午休”现象的因素很多, 如午间气温过高导致酶钝化, 引起羧化效率下降; 由于缺水而引起的气孔导度降低或造成叶片局部水分胁迫; 光合有效辐射过高, 从而产生光抑制引起的光合速率下降^[4]。

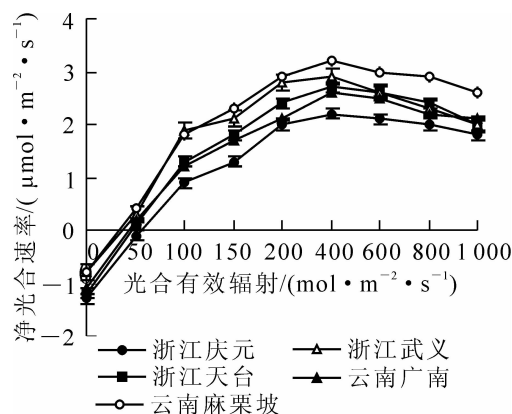


图6 5个种源铁皮石斛净光合速率的光强响应曲线

Figure 6 Responses of net photosynthetic rate to light intensities in five *Dendrobium officinale* provenances

试验表明:引起铁皮石斛光合“午休”现象的主要原因可能是过高的光合有效辐射及高温。中午光照强,温度高,蒸腾作用加强,叶片水分减少,部分气孔关闭,气孔导度下降,光合作用原料即胞间二氧化碳浓度降低,综合因素导致光合速率下降。可见,光合“午休”与光照、气温、湿度等环境变化有关^[8]。无光合“午休”现象有利于提高植物的生物学产量。因此,在人工栽培过程中要注意控制光照、温度和湿度,特别防止中午强光、高温、低湿造成的光合“午休”现象,可适当的采取喷灌等措施。

5个种源铁皮石斛光补偿点和光饱和点都较低,对光照的需求不强,表现出铁皮石斛阴生植物的特性,因此,在设施栽培中应合理控制光照强度。不同种源铁皮石斛光补偿点、光饱和点以及光能利用率存在差异,其中云南广南种源铁皮石斛光饱和点高、光补偿点较低,可适应在光照强和较广的光照范围生长,并且该种源表观量子效率高,净光合速率强,说明对弱光的利用率高。不同种源的铁皮石斛对光强的需求特性的不同可能是由于基因型的差异及其对原产地生态环境适应等原因所致。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2010: 266.
- [2] 张光浓, 毕志明, 王峰涛, 等. 石斛属植物化学成分研究进展[J]. 中草药, 2003, **34** (6): 5 – 8.
ZHANG Guangnong, BI Zhiming, WANG Zhengtao, *et al.* Advances in studies on chemical constituents from plants of *Dendrobium* Sw [J]. *Chin Trad Herb Drug*, 2003, **34** (6): 5 – 8.
- [3] 斯金平, 诸燕, 朱玉球. 铁皮石斛人工栽培技术研究与应用进展[J]. 浙江林业科技, 2009, **29** (6): 66 – 70.
SI Jinpin, ZHU Yan, ZHU Yuqiu. Progress on research and utilization of cultivation of *Dendrobium officinale* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2009, **29** (6): 66 – 70.
- [4] 王振兴, 艾军, 陈丽, 等. 软枣猕猴桃光合日变化的研究[J]. 北方园艺, 2010 (6): 29 – 31.
WANG Zhenxing, AI Jun, CHEN Li, *et al.* Study on the diurnal variation of photosynthesis of *Actinidia arguta* (Seib. et Zucc.) Planch. ex Miq [J]. *Northern Hort*, 2010 (6): 29 – 31.
- [5] 曾骧. 果树生理学[M]. 北京:北京农业大学出版社, 1992: 336 – 349.
- [6] 朱运钦, 王志强, 李靖. 不同生长型桃光合作用特性研究[J]. 果树学报, 2007, **24** (6): 737 – 741.
ZHU Yunqin, WANG Zhiqiang, LI Jing. Research on the photosynthetic characteristics of peach trees with various growth habits [J]. *J Fruit Sci*, 2007, **24** (6): 737 – 741.
- [7] 盛宝龙, 常有宏, 姜卫兵, 等. 清香梨幼树和成年树光合特性比较研究[J]. 江西农业学报, 2007, **19** (8): 64 – 66.
SHENG Baolong, CHANG Youhong, JIANG Weibing, *et al.* Comparative study on photosynthesis characteristics between young tree and bearing tree of Qingxiang pear [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2007, **19** (8): 64 – 66.
- [8] 陈贤田, 柯世省. 茶树光合“午休”的原因分析[J]. 浙江林业科技, 2002, **22** (3): 80 – 83.
CHEN Xiantian, KE Shixing. Analysis on causes of photosynthetic midday-depress in *Camellia sinensis* leaves [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2002, **22** (3): 80 – 83.