

朱美瑛,王康才,李雨晴. 金线莲叶片气孔与光合特性研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(11):210-212.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.11.074

金线莲叶片气孔与光合特性研究

朱美瑛,王康才,李雨晴

(南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095)

摘要:为探讨金线莲的光合特性,以福建、广西、台湾金线莲为试材,观察气孔特征,测定分析叶片光合色素含量和光合参数,结果表明:在自然光下,金线莲光合速率日变化均呈“V”形,中午 13:00 光合速率最低,在早晚光强较低时有光合积累,光合“午休”现象明显;不同种间金线莲气孔特性、光合特性及光合色素含量存在明显差异,台湾金线莲光合色素含量最高,有效光合时间较长;福建金线莲和广西金线莲的光合特性相似,稍有差异。

关键词:金线莲;台湾;福建;广西;叶片;气孔;光合特性

中图分类号: **文献标志码:** A **文章编号:**1002-1302(2014)11-0210-03

我国兰科(Orchidaceae)开唇兰属(*Anoectochilus* Bl.)植物有 23 种左右,其中,部分种的全草民间作药用,通称金线莲^[1-3],是使用较广的一种传统珍贵药材,多用于治疗糖尿病、高血脂、乙型肝炎等疾病^[4],有“药王”“金草”之称。目前,有人认为是花叶开唇兰[*A. roxburghii* (Wall.) Lindl.]^[1,5];也有人认为金线莲包括 2 种,一种是花叶开唇兰,另一种是台湾银线兰(*A. formosanus* Hayata),又名金线莲、台湾金线莲^[1,6];还有人认为,金线莲有 3 种,即花叶开唇兰、台湾金线莲和高雄金线莲(*A. koshunensis*)^[7]。金线莲野生分布范围广,如花叶开唇兰,主要分布于中国、日本、斯里兰卡、印度和尼泊尔等国,我国主要分布于亚热带地区即台湾、福建、浙江、江西、广东、广西、海南、云南、四川、贵州和西藏等省(区),其中,以台湾、福建、浙江和江西为主产地^[8],野生金线莲对生态环境的要求比较苛刻,加之价值高,人工采挖过度,导致资源濒临灭绝,已被列为国家二级保护植物。金线莲的应用研究兴起于台湾,被认为是台湾最传奇的作物,目前,在福建、广西等地出现对金线莲的研究和种植热,许多企业投入资金建设了规模化组培工厂,开展金线莲的人工种植,关于金线莲的研究多集中在药理和化学成分和组织快繁等方面,尚未见关于光合特性方面的报道。为此,本试验以广泛栽培的花叶开唇兰、台湾银线兰为材料,研究其光合特性,以期为实际生产提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

金线莲试材引自福建、广西、台湾,均为组培苗,经南京农业大学中药材研究所王康才教授鉴定,福建和广西的为花叶开唇兰,台湾的为台湾金线莲。将壮苗生根培养后,移栽到泥

炭土:蛭石:木屑为 2:1:1 的基质中,于 2 层遮阳网遮阴的大棚培养 50 d 后再进行试验。

1.2 仪器

Li-6400 便携式光合仪,美国 Li-COR 公司生产;FA1104 型分析天平,上海精科天平生产;UV-1100 分光光度计;OLYMPUS DP72 电子显微镜。

1.3 方法

1.3.1 气孔观察 2013 年 10 月上旬,于晴天上午分别采摘 3 张金线莲成熟叶片,撕取下表皮,番红染色,显微镜下观察,随机选取 3 视野,测定气孔密度、气孔大小、气孔开合度。气孔大小 = 气孔外横径 × 气孔外纵径;气孔开度 = 气孔内横径 × 气孔内纵径。

1.3.2 光合色素含量测定 采用乙醇浸提法测定^[9]。

1.3.3 光合参数测定 (1)光响应曲线测定:2013 年 10 月 13 日(晴天)09:00—11:00,在大棚中使用便携式光合仪,于开放式气路测定系统,0、20、50、80、100、150、200、400、600、800、1 000、1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光合有效辐射下,测定福建、广西、台湾金线莲的光响应参数。净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)由仪器直接测得,光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)根据 P_n -PAR 回归方程得出;表观量子效率(AQY)为 0~200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 低光强下 P_n -PAR 直线回归方程的斜率。(2)光合日变化测定:2013 年 10 月 14 日(晴天)07:00—17:00,每品种取 3 株,每株取 3 张叶片,在大棚中使用便携式光合仪,于开放式气路测定系统、自然条件下,每隔 2 h 对标记叶片进行测定,取平均值绘制光合日变化曲线。

2 结果与分析

2.1 气孔形态比较

福建、广西和台湾金线莲的叶片均为异面叶,气孔仅分布于下表皮;白天和夜间气孔均有不均匀关闭的现象,白天气孔几乎均为关闭状态,仅上午 11:00 左右有开启;气孔形态无差异,均具不等型和横列型 2 类气孔^[10],保卫细胞均为肾形,不等型气孔占绝大多数,横列型气孔较少。由表 1 可见,气孔大小依次为台湾金线莲>广西金线莲>福建金线莲,气孔密度依

收稿日期:2013-12-30

基金项目:江苏省镇江市农业支持项目(编号:R0201100292)。

作者简介:朱美瑛(1990—),女,青海西宁人,硕士研究生,主要从事药用植物栽培与生理研究。E-mail:meiying09160916@126.com。

通信作者:王康才,教授,主要从事药用植物栽培与生理研究。E-mail:wangkc@njau.edu.cn。

表1 福建、广西、台湾金线莲叶片气孔比较

材料	气孔密度 (个/mm ²)	气孔大小 (μm ²)	气孔开度 (μm ²)
福建金线莲	40.82 ± 2.05b	1 065.40 ± 43.23c	31.89 ± 7.86a
广西金线莲	48.32 ± 4.42a	1 157.82 ± 57.92b	28.22 ± 2.76c
台湾金线莲	32.14 ± 1.77c	1 537.92 ± 68.23a	30.91 ± 8.65b

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平上存在显著性差异。

次为广西金线莲 > 福建金线莲 > 台湾金线莲,气孔开度依次为福建金线莲 > 台湾金线莲 > 广西金线莲;台湾金线莲的气孔最大,为 1 537.92 μm²,气孔密度最小,为 32.14 个/mm²;广西金线莲气孔大小和气孔开度较小,但气孔密度最大,达到 48.32 个/mm²;福建金线莲气孔开度最大,为 31.89 μm²。3 个类型的金线莲均表现为气孔大且密度小,这与金线莲生长在阴湿的森林下层,是典型的阴性湿生植物有关。有研究表明,气孔密度随环境中水分和湿度的减少而增加,气孔面积则

表2 3 种金线莲光合色素含量

材料	叶绿素 a (mg/g)	叶绿素 b (mg/g)	叶绿素 a + b (mg/g)	叶绿素 a/叶绿素 b	类胡萝卜素 (mg/g)
福建金线莲	1.29 ± 0.03c	0.54 ± 0.03b	1.83 ± 0.07c	2.37 ± 0.09a	0.30 ± 0.02b
广西金线莲	1.37 ± 0.03b	0.58 ± 0.02b	1.95 ± 0.02b	2.37 ± 0.10a	0.29 ± 0.03b
台湾金线莲	1.45 ± 0.01a	0.74 ± 0.01a	2.19 ± 0.02a	1.96 ± 0.02b	0.39 ± 0.01a

注同表 1。

2.3 金线莲光合特性比较

2.3.1 光响应变化 由图 1、表 3 可见,福建、广西、台湾金线莲光响应曲线变化趋势一致,对光强的要求不高,光饱和点、光补偿点较低,净光合速率和表观量子效率均较低;当光合有效辐射达到 1 200 μmol/(m² · s) 时,光合作用均受到严重抑制,呼吸作用显著增强,这种现象是阴生植物对光强的响应;台湾金线莲的光饱和点高,光补偿点低,可适应较高的光强和较广的光强范围,呼吸速率较低,净光合积累较多;福建金线莲和广西金线莲均为花开唇兰,光响应曲线相近,但广西金线莲光饱和点较高,呼吸速率较低,这说明地理不同对金

向小型化发展^[11],3 个类型金线莲的气孔差异可能是由其遗传特性的不同和生长环境差异所致。

2.2 光合色素含量比较

福建、广西、台湾金线莲的叶片形态差异较大,其中,台湾金线莲叶片较大,叶面墨绿色,具白色网纹,叶背淡红色;福建和广西金线莲叶片较小,叶面暗绿色,具金黄色,带有绢丝光泽的网纹,叶背淡紫红色。由表 2 可见,台湾金线莲叶片中除叶绿素 a/b 值较低外,其叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素及类胡萝卜素含量均显著高于福建金线莲和广西金线莲,这说明台湾金线莲叶片叶绿体中光系统 II 补光复合体(LHC II)含量多,有利于植株吸收生长环境中的有限光能^[12];类胡萝卜素可以耗散叶绿素吸收的过多光能,使叶绿素不致光氧化而遭破坏,同时,类胡萝卜素还可以吸收紫外线辐射,减少强光对植物的伤害^[13],台湾金线莲类胡萝卜素含量最高,其抵御强光伤害的能力也较强。

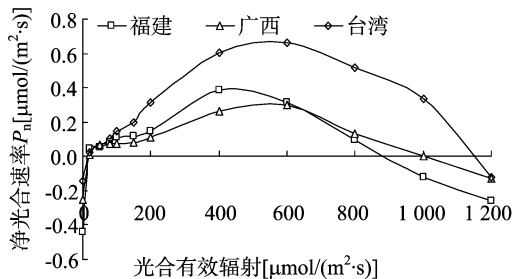


图1 3 个品种金线莲的光响应曲线

线莲光合特性的影响较大。

表3 金线莲光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)及表观量子效率(AQY)

材料	光补偿点 LCP [μmol/(m ² · s)]	光饱和点 LSP [μmol/(m ² · s)]	呼吸速率 R _d [μmol/(m ² · s)]	表观量子效率 AQY [μmol/(m ² · s)]
福建金线莲	59	352	0.258	0.002
广西金线莲	59	432	0.127	0.001
台湾金线莲	35	592	0.086	0.002

2.3.2 光合日变化规律 由图 2 可见,福建、广西、台湾金线莲净光合速率日变化趋势相似,均呈“V”形,在 09:00—13:00,随光强的增强金线莲植株 P_n 逐渐降低,在 13:00 时达最低值,在 13:00—17:00,随光强的增强金线莲植株 P_n 逐渐上升,存在明显的光合“午休”现象;广西金线莲在 09:00—17:00 时 P_n 为负值,福建金线莲在 09:00—16:00 时 P_n 为负值,说明福建金线莲和广西金线莲只有早晚光强较弱时有光合积累,属于光下呼吸类型;台湾金线莲在 12:00—14:00 时 P_n 为负值,说明其对高光强有更强的适应能力。

由图 3 至图 5 可见,福建、广西、台湾金线莲的气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)日变化趋势基本一致,均表现为先升高后降低,与净光合速率日变化趋势相反;

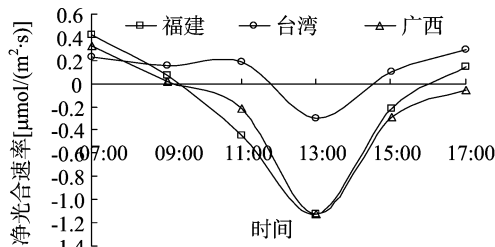


图2 净光合速率日变化曲线

当 13:00 P_n 最低时,胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率达到最大值,气孔导度的最大值出现在 11:00;广西金线莲和台湾金线莲的气孔导度明显高于福建金线莲;广西金线莲在 15:00 后气孔

导度开始逐渐变大,其净光合速率却为负值,可能是由于光呼吸加强的缘故。

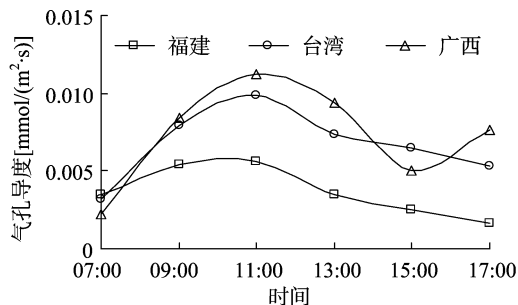


图3 气孔导度 (G_s) 日变化曲线

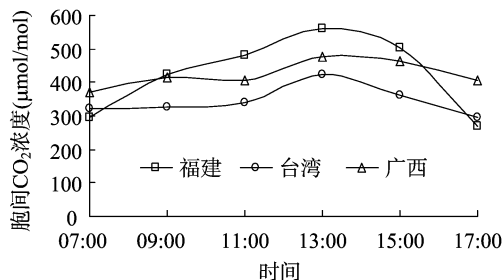


图4 胞间 CO_2 浓度 (C_i) 日变化曲线

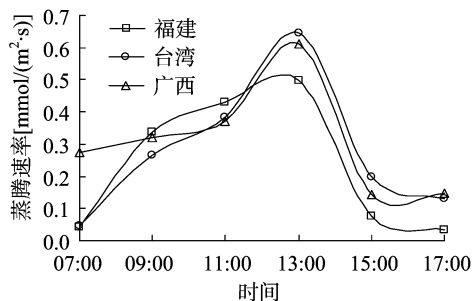


图5 蒸腾速率 (T_r) 日变化曲线

3 讨论

3.1 金线莲气孔导度与光合特性

气孔是植物进行蒸腾作用及光合原料 CO_2 进入细胞内的主要途径,其行为与植物叶片的蒸腾和光合性能密切相关。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^[14]。有研究表明,气孔导度小,植物吸收和固定 CO_2 的能力下降,光合作用原料不足, P_n 降低,导致胞间 CO_2 积累^[15]。金线莲除 11:00 左右有气孔的开启,其余时间气孔导度均较小,几乎为关闭状态,与金线莲净光合速率白天呈负值的现象相对应。试验结果表明,金线莲光合特性与气孔的开闭紧密相关。

3.2 金线莲需光特性与光合日变化规律

金线莲光合作用日变化曲线呈“V”形,“午休”现象明显,只在早晚光强较低时有光合积累。关于植物的光合午休,主要有 2 种观点:一种称为气孔限制因素,是由于午间高温增强了植物的蒸腾速率,导致植物气孔由于叶片失水而关闭,胞间 CO_2 浓度降低,光合作用原料减少,致使光合速率降低;另一种是植物为了避免自身光合机构的损伤而产生了光抑制,

同时光呼吸加强,造成净光合速率降低^[16]。本研究观察发现,中午随着气温升高,金线莲的气孔导度、胞间 CO_2 浓度增大,气孔限制并不明显,而由光响应曲线可知,光强在达到饱和点后 P_n 显著降低,变为负值,因此,可以判断金线莲“午休”的限制因素主要是光抑制。光合“午休”可以减少水分损失和减轻光破坏,是金线莲对环境适应的一种表现^[17-19]。台湾金线莲“午休”时间短,对环境的适应能力强,光合积累多,这可能是台湾金线莲比福建金线莲和广西金线莲生长旺盛的原因。

参考文献:

- [1] 郎楷水,陈心启,罗毅波,等. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1999:204-227.
- [2] 陈谦海,何顺志,熊源新,等. 贵州植物志[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2004:343-355.
- [3] 金效华,吉占和,覃海宁,等. 贵州兰科植物增补[J]. 植物分类学报,2002,40(1):82-88.
- [4] 福建中医药研究所. 福建药物志:第2册[M]. 福州:福建科技出版社,1982:215.
- [5] 孔祥海. “药王”金线莲的自然资源初步研究[J]. 中草药,2001,32(2):155-157.
- [6] 江苏省植物研究所. 新华本草纲要[M]. 上海:上海科学技术出版社,1990:575.
- [7] 陈泽宇. 珍稀草药金线莲[J]. 中国野生植物,1992(2):23-24.
- [8] 蔡文燕,肖华山,范秀珍. 金线莲研究进展[J]. 亚热带植物科学,2003,32(3):68-72.
- [9] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2006:134.
- [10] 杨芳,蒲训. 植物气孔类型初步分类考证[J]. 现代农业科技,2010(22):193-196.
- [11] 高建平,王彦涵,陈道峰. 不同产地华中五味子叶表皮结构和导管分子的解剖学特征及其与环境因子的关系[J]. 西北植物学报,2003,23(5):715-723.
- [12] Anderson J M. Photoregulation of the composition, function and structure of thylakoid membranes[J]. Annual Review of Plant Physiology,1986,37:93-136.
- [13] 王康才,王立会,汤兴利,等. 江苏地区3个居群细柱五加叶片显微结构及光合特性研究[J]. 安徽农业大学学报,2011,38(5):651-655.
- [14] 王燕君,闻真珍,蔡继业,等. 4种兜兰光合特性研究[J]. 现代农业科技,2011(20):200-202,204.
- [15] 高亭亭. 铁皮石斛光质效应和光合特性的研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2012.
- [16] 蒋高明,何维明. 毛乌素沙地若干植物光合作用、蒸腾作用和水利用效率种间及生境间差异[J]. 植物学报,1999,41(10):91-101.
- [17] 马玉坤,贾永芳,马静芳,等. 不同砧木对红地球葡萄光合日变化的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(3):638-642.
- [18] 周盛茂,段净亚,李明,等. 华北高寒区芍药光合特性的研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(3):148-150.
- [19] 蔡永萍,李玲,李合生,等. 霍山县3种石斛叶片光合特性及其对光强的响应[J]. 中草药,2005,36(4):586-590.