

安徽 3 种黄精植物光合生理生态特性分析

骆绪美, 郭婉琳, 韩文妍

(安徽省林业科学研究院, 合肥 230031)

摘要: 利用 LI-6400 便携式光合仪对多花黄精、长梗黄精、黄精的光合生理特性进行系统对比研究, 结果表明: (1) 3 种黄精植物净光合速率 (P_n) 日变化均呈明显的单峰曲线; 气孔导度、蒸腾速率与光合速率呈正相关, 胞间 CO_2 浓度与光合速率呈负相关; (2) 光合有效辐射是影响 3 种黄精植物生长的最主要因子, 其次是蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度; (3) 多花黄精为中性草本植物, 长梗黄精、黄精为中偏阳性草本植物。

关键词: 黄精; 净光合速率; 光饱和点; 耐阴性

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)05-0821-04

Analysis of photosynthetic and physiological characteristics of three species of *Polygonatum* in Anhui Province

LUO Xu-mei, GUO Wan-lin, HAN Wen-yan

(Anhui Academy of Forestry Sciences, Hefei 230031)

Abstract: The photosynthetic physiological characteristics of *Polygonatum cyrtoneuma*, *P. filipes* and *P. sibiricum* were studied by using the LI-6400 portable photosynthesis system. The results are as follows: (1) The net photosynthetic rate (P_n) of the three *Polygonatum* changed in the daytime, showing a single peak curve. Stomatal conductance, and transpiration rate were positively correlated with photosynthetic rate, while intercellular CO_2 concentration and photosynthetic rate were negatively correlated. (2) Photosynthetically active radiation was the most important factor affecting the growth of three *Polygonatum*, followed by transpiration rate and intercellular CO_2 concentration. (3) *P. cyrtoneuma* is day neutral plant herbs, while *P. filipes* and *P. sibiricum* are heliophytes.

Key words: *Polygonatum*; net photosynthetic rate; light saturation point; shade tolerance

黄精为百合科(Liliaceae)黄精属(*Polygonatum*)多种植物根茎的总称, 我国有 30 多种^[1], 广布于全国, 尤以西南部最多。安徽省境内天然分布的有 5 种^[2]。该属植物为多年生宿根草本, 肉质根状茎, 横生, 呈圆柱状、连珠状或不规则姜块状。黄精具有滋补强身和治疗肾虚精亏、肺虚燥咳之功效, 还有增强免疫力、降低血脂和血糖、延缓衰老等多种药理作用^[3]。随着市场需求的不断增加, 野生资源急剧减少, 黄精人工栽培已成为大势所趋。近几年, 关于黄精的研究多见于药理和栽培方面, 对黄精类植物的光合生理生态特征研究却鲜有报道。作者对产于安徽本土最主要的 3 种黄精植物的光合特性进行了较为系统的对比观测研究, 旨在对黄精的生理

生态习性有着更为精准的把握, 从而为黄精的扩大和高效栽培提供理论依据。

1 研究地概况

本试验地选址在省林科院院内, 具体东经 $117^{\circ}03'44''$, 北纬 $31^{\circ}41'54''$ 。为模拟黄精的原生生态环境, 试验地选在高大阔叶树的林冠下、郁闭度在 0.6~0.7 之间, 使其与 3 个黄精种的原生环境基本相似。土质类型为粘盘黄棕壤, 质地粘重, 呈微酸性; 为模拟黄精原生态的自然土质, 掺了泥炭土和河沙, 使其保持良好的排水透气性。

试验地所处环境四季分明, 雨量适中, 梅雨显著, 夏雨丰沛, 年均温度为 15.7°C , 极端最高气温

收稿日期: 2012-02-28

基金项目: 国家林业局公益性科研专项(201004055)资助。

作者简介: 骆绪美, 女, 助理研究员。E-mail: luoxumei78@163.com

达 41.0℃, 极端最低气温达 -20.6℃, 1 月份平均气温为 2.1℃, 7 月份平均气温为 28.3℃, 无霜期 227 d, 年平均降雨量为 988.4 mm。

2 材料与方 法

2.1 试验材料

试验材料来源于 2010 年底从九华山地区采挖块茎所得的 3 个黄精属植物, 分别为长梗黄精 (*Polygonatum filipes*)、多花黄精 (*P. cyrtoneuma*)、黄精 (*P. sibiricum*), 统一标准栽种于林冠下人工圃地内。

2.2 研究方法

2.2.1 光合日变化的测定 2011 年 8 月, 选取晴好天气, 在自然环境中, 采用 LI-6400 光合测定仪, 选取 3 种黄精属植物中上部第 4~6 片完好无损的叶片进行光合日变化测定, 测定时每个品种固定 3 株 3 个叶片, 取平均值, 具体时间为 7:00、9:00、11:00、13:00、15:00、17:00 和 18:00。测定时采用透明叶室, 利用林冠下自然光照。主要测定指标有: 净光合速率 (P_n , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、相对湿度 (RH , %)、气孔导度 (G_s , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率 (T_r , $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 (C_i , $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)、光合有效辐射 (PAR , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 等等。对数据采用 Excel 进行图表处理, 用 SPSS10.5 统计软件进行相关性分析。

2.2.2 净光合速率与环境因子的相关性分析及显著性检验 采用 SPSS 10.5 软件, 对各数据进行正态分布检验, 采用皮尔逊 (Pearson) 法分别分析净光合速率与相对湿度、光合有效辐射、气孔导度、胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率的相关性系数, 相关系数的显著性分析采用 Two-tailed 法计算, 研究各环境因子对净光合速率的影响。

2.2.3 光响应曲线的测定 2011 年 8 月, 选取晴好天气, 采用 LI-6400 光合测定仪, 将红蓝光源 (LED) 设定一系列光合通量密度: 1 200、1 000、700、500、300、200、150、120、90、60、40、20、0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, CO_2 选取大气 CO_2 浓度, 对 3 个黄精属植物进行光合速率测定, 根据光响应曲线的经典 Farquhar 模型^[4]进行拟合光补偿点 (L_{cp})、光饱和点 (L_{sp})、最大净光合速率 (A_{max}) 等相关参数。根据低光照强度测得的光合速率值建立直线回归方程, 直线与横坐标轴的交点即为光补偿点 (LCP), 直线斜率即为光合量子效率 (AQY)^[5]。

3 结果与分析

3.1 光合速率 (P_n) 日变化

从图 1 可以看出, 3 种黄精在 8 月份净光合速

率日变化 (P_n) 均呈明显的单峰曲线。上午随着光强的增加, P_n 逐渐上升, 3 种黄精 P_n 出现的峰值时间基本一致, 均在 13:00 左右出现峰值, 最大值为多花黄精, $7.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 最小为长梗黄精, $5.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。其中, 多花黄精在早晚的光合速率较低, 但在 9:00 至 15:00 一直保持较高的光合利用率, 均高于其他 2 个物种, 13:00 左右出现急剧下降, 至 15:00 后下降趋于平缓。从图 1 还可以看出, 3 个种早晚对弱光的光合利用率相差不大, 但在中午强光时差距明显, 光合速率表现为: 多花黄精 > 长梗黄精 > 黄精。3 种黄精光合利用率整体上是下午高于上午。

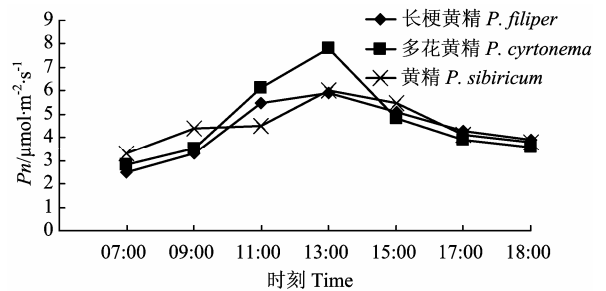


图 1 3 种黄精光合速率日变化

Figure 1 Diurnal variation of the net photosynthetic rates (P_n) of three *Polygonatum*

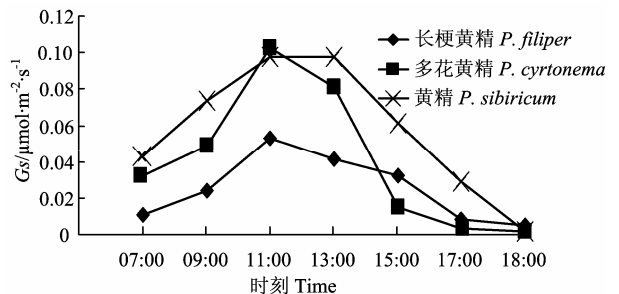


图 2 3 种黄精气孔导度日变化

Figure 2 Diurnal variation of stomatal conductance of three *Polygonatum*

3.2 气孔导度、胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率日变化曲线

气孔导度和胞间 CO_2 浓度是影响植物净光合速率的重要因子之一。气孔在植物水分散失和 CO_2 气体交换过程中具有显著的调控作用^[6]。由图 2 和图 4 可知, 3 种黄精气孔导度、蒸腾速率曲线日变化与光合速率大体一致, 均呈单峰曲线, 上午, 随着光照增强, 气孔导度和蒸腾速率均缓慢上升, 3 个种气孔导度在中午 11:00 时便达到日高峰, 最高为多花黄精, $0.103 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 最低为长梗黄精, $0.053 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而蒸腾速率高峰值与光合速率基本一

致,均在 13:00 左右,最高为黄精, $2.33 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,最低为长梗黄精, $0.75 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 3 个种气孔导度和蒸腾速率均在 13:00 后呈急剧下降。由图 3 可知, 3 个种胞间 CO_2 浓度日变化呈明显的低谷曲线, 早晚 CO_2 浓度均较高, 随着光强增大, 光合速率的增加, 叶片内 CO_2 由于 Rubisco 活化酶的作用而被同化利用^[7], 胞间 CO_2 浓度呈下降趋势, 至 13:00 最低。

3.3 净光合速率的影响因子分析

在 SPSS10.5 软件中, 计算 3 种黄精净光合速

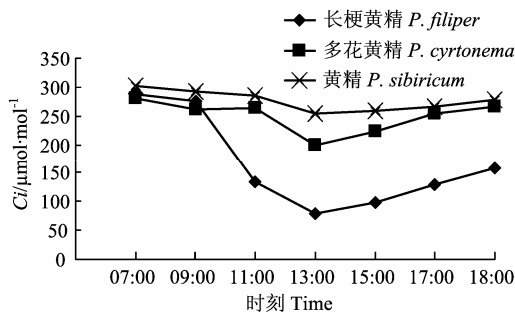


图 3 3 种黄精胞间 CO_2 浓度日变化

Figure 3 Diurnal variation of intercellular CO_2 concentrations of three Polygonatum

率与各影响因子的皮尔逊相关系数及相关系数的显著性水平(2-tailed), 结果见表 1。从表 1 可以看出, 3 种黄精的净光合速率与光合有效辐射均有显著相关性 ($p < 0.05$), 表明光合有效辐射是影响 3 种黄精净光合速率的最主要因子。长梗黄精对气孔导度和胞间 CO_2 浓度比较敏感, 相对湿度和蒸腾速率等因素影响不明显; 多花黄精受蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度的影响明显; 黄精受蒸腾速率的影响显著, 但受胞间 CO_2 浓度和气孔导度的影响不明显。

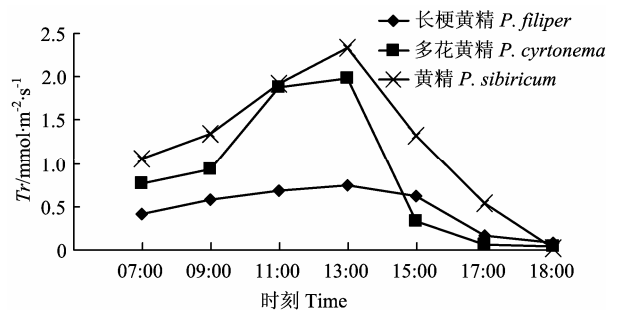


图 4 3 种黄精蒸腾速率日变化

Figure 4 Diurnal variation of transpiration rates of three Polygonatum

表 1 3 种黄精净光合速率与其影响因子的 Pearson 相关系数的显著性检验

影响因子 Influencing factor	长梗黄精 <i>P. filipes</i>		多花黄精 <i>P. cyrtonema</i>		黄精 <i>P. sibiricum</i>	
	相关系数 r	显著性 P	相关系数 r	显著性 P	相关系数 r	显著性 P
相对湿度 RH	0.030	0.949	0.421	0.347	-0.481	0.275
光合有效辐射 PAR	0.818*	0.024	0.914*	0.004	0.926*	0.003
气孔导度 C_s	0.769*	0.043	0.726	0.065	0.678	0.094
胞间 CO_2 浓度 C_i	-0.887*	0.008	-0.761*	0.047	-0.641	0.121
蒸腾速率 Tr	0.561	0.190	0.802*	0.030	0.779*	0.039

* $P < 0.05$.

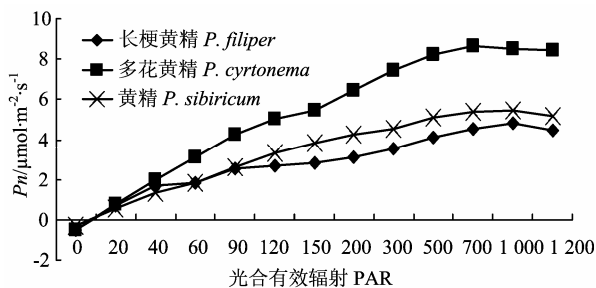


图 5 3 种黄精光响应曲线

Figure 5 Light response curve of three Polygonatum

3.4 光响应曲线

光响应曲线反映了植物光合速率随着光合辐射改变的变化规律^[7]。由图 5 可看出, 多花黄精光合

速率远高于其他 2 种, 当光照强度在 $0 \sim 20 \text{ μmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 3 种黄精光照强度 (x) 与净光合速率 (y) 变化之间的线性方程为: 长梗黄精: $y = 0.061x - 0.53$; 当 $y = 0$ 时, $x = 8.69$; 多花黄精: $y = 0.0645x - 0.52$; 当 $y = 0$ 时, $x = 8.06$; 黄精: $y = 0.044x - 0.31$; 当 $y = 0$ 时, $x = 7.05$ 。

当 $y = 0$ 时, 各线性方程与 x 轴的交点即为各品种的光补偿点, 3 种黄精光补偿点相差不大, 长梗黄精、多花黄精、黄精的光补偿点依次为 $8.69 \text{ μmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $8.06 \text{ μmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $7.05 \text{ μmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。随着光合有效辐射的提高, 初始阶段 3 种黄精光合速率上升较快, 后逐渐变缓, 当超过一定限度时, 即使再增加光照强度, 净光合速率也不再增加, 这

种现象称光饱和现象,光饱和时的光照强度称为光饱和点^[8]。多花黄精的光饱和点为 $700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,长梗黄精、黄精均为 $1\ 000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。达到光饱和点时,3种黄精最大光合速率排序为多花黄精>黄精>长梗黄精。

4 小结与讨论

4.1 净光合速率日变化

3个黄精种净光合速率(P_n)日变化均呈明显的单峰曲线,最大值均出现在13:00左右,表现为多花黄精>长梗黄精>黄精。说明多花黄精对强光的利用率比其他2个种高,3种黄精早晚对弱光的利用率相差不大。气孔导度、蒸腾速率与光合速率日变化趋势基本一致,说明其与光合速率呈明显正相关。胞间 CO_2 浓度日变化曲线呈明显的低谷曲线,说明其与光合速率呈负相关。

4.2 光合速率与影响因子相关性分析

相关性分析结果表明,3种黄精的光合速率均受光合有效辐射的影响较大,说明光合有效辐射是影响黄精生长的最主要因子,其次是蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度,相对湿度对3种黄精的生长影响不大。

4.3 光饱和点与光补偿点

植物的光饱和点和光补偿点反映了植物对光的利用能力^[9]。多花黄精的光饱和点远大于其他2个种,且光合速率较其他2个种高。说明光饱和点的上升提高了植物对光能的利用^[10]。

多花黄精的光饱和点为 $700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,与中性树种杉木($751.5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、青檀($881.76 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)接近,长梗黄精、黄精为 $1\ 000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,高于中性树种,与阳性树种马尾松($1\ 382.76 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、栓皮栎($1\ 182.36 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)稍接近。据此推断:多花黄精为中性草本植物,其他2个种为中偏阳性草本植物。

4.4 黄精耐阴性

光补偿点光饱和点都低的植物具有很强的耐阴性;光补偿点低,光饱和点较高的植物,能适应多种光照环境;光补偿点较高,而光饱和点较低的植物,应栽植于侧方遮阴或部分时段荫蔽的环境^[11]。根据黄精的光合生理特性,多花黄精较其他2个种耐阴,可选在较耐阴的环境,黄精和长梗黄精则可适应不同的光照环境。加之多花黄精的光合速率一直处于最高,该种结实率也较其他2个种多,故该种较其他2个种更适宜在林下栽培推广种植。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(15卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 52-80.
- [2] 《安徽植物志》协作组. 安徽植物志(5卷)[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1992: 55.
- [3] 金利泰, 姜程曦. 黄精[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 2.
- [4] Farguher G D, Caernmerer S V, Berry J A. Models of photosynthesis[J]. Plant Physiology, 2001, 125: 42-45.
- [5] 许大全, 李德耀, 邱国雄, 等. 毛竹叶光合作用的气孔限制研究[J]. 植物生理学报, 1987, 13(2): 154-160.
- [6] 郑淑霞, 上官周平. 8种阔叶树种叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1080-1087.
- [7] 高云, 傅松玲. 两个美国山核桃品种的光合生理特性比较[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2011, 35(4): 34-38.
- [8] 郑炳松, 金爱武. 雷竹光合特性的研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 355-362.
- [9] 周小玲, 徐清乾, 许忠坤, 等. 4个四川桉木品系的光合生理特性研究[J]. 湖南林业科技, 2007, 34(4): 1-5.
- [10] 李合生, 孟庆伟, 夏凯, 等. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [11] 白伟岚, 任建武. 园林植物的耐阴性研究[J]. 林业科技通讯, 1999(2): 2-15.