

滇重楼光合作用与环境因子的关系*

苏文华^{1,2}, 张光飞¹

(1. 云南大学 生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091;

2. 云南省生物资源保护与利用重点实验室, 云南 昆明 650091)

摘要: 利用 LI-6400 光合测定仪和人工气候箱研究了滇重楼叶片的光合补偿点、光合饱和点、羧化效率和 CO₂ 补偿点, 并进行温度、相对湿度对光合速率的单因子影响研究. 滇重楼叶片的光合补偿点为 5.7 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 光合有效辐射增至 2000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 仍未测到光合饱和点, 最适光合有效辐射为 750~2000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. 叶片的羧化效率为 0.0295, CO₂ 补偿点为 65 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, 光合速率随 CO₂ 浓度升高而明显增加, 高于大气正常值的 CO₂ 浓度对增加滇重楼光合作用的光能利用率是有利的. 光合速率在温度 11~20℃ 范围内, 随温度升高上升; 20~35℃ 随温度升高下降, 最适温度为 16~28℃. 相对湿度 20%~85% 的试验范围内, 叶片光合速率随湿度增加而增大, 最适相对湿度条件在 75% 以上.

关键词: 滇重楼; 光合作用; 光; CO₂ 浓度; 温度; 相对湿度

中图分类号: Q945.11 文献标识码: A 文章编号: 0258-7971(2003)06-0545-04

滇重楼 (*Paris polyphylla* var. *yunnanensis* (Franch.) Hand.-Mazz), 属延龄草科重楼属, 产于云南、贵州和四川, 生长在海拔 1400~3100 m 的林下、灌丛或草丛中^[1]. 是一种常用中药, 收入 2000 年版《中华人民共和国药典》^[2]. 现代药理研究表明具有止血、抗肿瘤、免疫调节等作用^[3], 是云南白药、宫血宁和季德胜蛇药片等中成药的重要原料. 滇重楼原料需求逐步扩大, 从实施可持续发展战略和提高产业化生产的原料供应保障率和保证产品质量的角度出发, 进行人工栽培是一条必然之路^[4]. 由于滇重楼生长缓慢, 人工种植生长周期太长, 制约了人工种植的发展.

植物生长发育的物质和能量最终都来源于光合作用. 植物光合作用的强弱, 与生产力有密切关系. 作者通过对滇重楼光合特性的研究, 探讨光合作用的变化规律及其影响因子, 分析滇重楼光合作用适宜的生态条件, 为制定滇重楼高产栽培技术提供科学基础.

1 材料与方法

1.1 实验材料 实验材料为在云南大学生态学与地植物学研究所温室中盆栽的 6 盆滇重楼. 每个测

定项目选定 3 盆, 各选择 3 片小叶片, 每叶片重复 3 次. 测定的前 1 天下午充分浇水, 保持土壤水分充足. 试验于 2002 年 6 月和 7 月间进行.

光合速率及叶片温度、湿度、大气 CO₂ 浓度等用 LI-6400 光合测定仪测定. 以一容积约 25 L, 壁上有 3 个 0.7854 cm² 的小孔的塑料容器缓冲仪器吸入空气, 减弱进入叶室空气中 CO₂ 浓度的波动.

1.2 测定方法

1.2.1 光合曲线及光补偿点和饱和点的测定 在 9:00~10:00 时, 采用 LI-6400 光合测定仪加红蓝人工光源, 启动光合曲线自动测定程序. 3 盆各测 1 次, 连续 3 d, 根据光合曲线确定光合补偿点和光合饱和点.

1.2.2 CO₂ 补偿点和饱和点的测定 关闭叶室后, 利用光合测定仪的碱石灰管吸收入汽路内空气中的 CO₂, 使用光合测定仪的 CO₂ 供应器及浓缩 CO₂ 气瓶, 造成一系列 CO₂ 浓度梯度, 测定各浓度下的光合速率和胞间 CO₂ 浓度. 以低 CO₂ 浓度下的数据进行直线回归求得羧化效率和 CO₂ 补偿点.

1.2.3 温度对光合速率的影响 将待测的盆栽滇

* 收稿日期: 2003-02-02

作者简介: 苏文华(1962-), 男, 云南人, 副教授, 主要从事植物生理生态学研究.

重楼移入预先调至试验温度的人工气候箱内 20 min, 利用 Lic-6400 光合测定仪叶室温度控制功能调节叶室温度至试验温度, 并将空气湿度和大气 CO₂ 浓度保持在变动较小的范围内. 叶片在测定温度叶室内适应 5 min 后, 每 3 s 测定 1 次光合速率, 测 20 个数据. 试验在早上 9:00~10:00 进行, 第 1 天试验自 20℃ 开始, 逐渐降温. 第 2 天试验自 20℃ 开始, 逐渐升温. 降温 and 升温试验交替各做 3 d, 共 3 叶片 9 次.

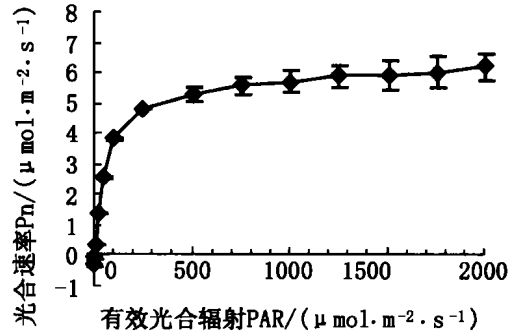
1.2.4 湿度对光合作用的影响 将待测的盆栽滇重楼移入预先调至试验湿度的人工气候箱内 20 min, 通过调节光合测定仪的水分吸收管气体通过量, 在叶室内形成试验空气湿度, 每次测定由低湿度至高湿度依次进行. 测定的方式和叶片次数与温度影响实验的相同.

2 结果与分析

2.1 光合补偿点和光合饱和点 滇重楼叶片光合速率对光照强度变化的响应曲线见图 1. 根据光响应曲线推算, 滇重楼叶片光合作用的光补偿点为 5.7 μmol/(m²·s), 光补偿点与阴生植物相当^[5], 具有一定的耐阴性. 500 μmol/(m²·s) 光照强度以下, 随着光强增加叶片的光合速率迅速升高. 光照强度超过 500 μmol/(m²·s) 时, 光合速率仍不断缓慢升高, 甚至高达 2000 μmol/(m²·s), 也无强光抑制现象, 未测到光合饱和点. 光合作用的最适有效光合辐射为 750~2000 μmol/(m²·s), 光合作用适宜的光合有效辐射强度幅度较宽. 最适有效辐射强度的中上段与典型的阳生草本植物最适光合有效辐射强度相符, 具有阳性植物的特征. 其下限接近典型的阴生草本植物的最适光合有效辐射强度范围, 具有一定的耐阴能力. 从光合曲线及光合特征来看, 滇重楼不需较强光照, 但在全光照条件可获得最大光合积累. 这一光合特性与其既可生长林下阴暗生境, 又可在灌丛或草丛较为光亮生境中的分布特点相吻合.

2.2 光合作用的 CO₂ 响应 当大气中 n(CO₂):n(空气) 从 0 升至 1000 μmol/mol 时, 滇重楼叶片的光合速率随着 CO₂ 物质地量比升高而明显增加(见图 2), 与 C₃ 植物光合速率和 CO₂ 物质地量比的关系相符^[6]. 大气 CO₂ 物质的量的比为 1000 μmol/mol 时的光合速率比 400 μmol/mol 时增加了 72.9%, 高于大气中正常值的 CO₂ 浓度可增加滇

重楼光合作用的光能利用率. 通过推算, 滇重楼叶片光合作用的羧化效率为 0.029 5 ($R = 0.999$, $P > 0.01$), 高于杜仲 (*Eucommia ulmoides*)^[7]. CO₂ 补偿点为 65 μmol/mol, 与 C₃ 植物的 CO₂ 补偿点相当.



试验条件: 气温(20±1)℃, 空气相对湿度(60±5)%, 有效光合辐射(1000±2) μmol/(m²·s), 大气 CO₂ 物质的量比(400±5) μmol/mol

图 1 滇重楼光合作用的光响应

Fig. 1 Relation between net photosynthetic rate (Pn) of *Polyphylla var. yunnanensis* and light

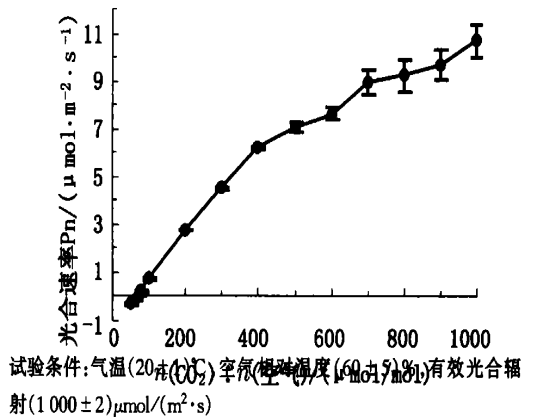


图 2 滇重楼光合作用的 CO₂ 响应

Fig. 2 CO₂ response of photosynthetic rate (Pn) in *P. polyphylla var. yunnanensis*

2.3 光合作用对温度变化的响应 在 11~35℃ 的试验范围内, 11~15℃ 随温度上升光合速率缓慢增加, 15℃ 以上时随温度上升光合速率迅速增高, 20℃ 时光合速率最高. 从 25~35℃ 光合速率显著下降, 最适温度为 16~28℃ (图 3). 11℃ 时光合速率比最大光合速率仅下降了 15.5%, 但 35℃ 时的光合速率则比最大光合速率下降了 36.1%. 滇重楼光合作用对低温的适应能力高于对高温的适应.

滇重楼光合作用的最适温度与阴生草本植物

和 高 山 植 物 相 比 偏 高, 与 阳 生 草 本 植 物 相 比 偏 低。对 高 温 的 适 应 能 力 高 于 高 山 植 物, 对 低 温 的 适 应 能 力 不 及 高 山 植 物^[5]。这 与 滇 重 楼 生 于 中 山 和 亚 高 山 的 特 点 相 符。滇 重 楼 最 适 温 度 较 二 回 原 始 观 音 座 莲 蕨 (*Archangiopteris bipinnata*) 和 紫 花 雪 山 报 春 (*Primula sinopurpurea*) 光 合 作 用 的 最 适 温 度 (22 ~ 28 °C 和 20 ~ 25 °C) 更 广^[8,9], 后 者 的 分 布 区 范 围 及 海 拔 幅 度 比 滇 重 楼 较 窄。

2.4 相对空气湿度对光合作用的影响 滇重楼的光合速率与空气湿度关系密切, 在 20% ~ 80% 的实验相对空气湿度内, 光合速率随相对湿度的增加升高 (图 4)。在 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 有效光合辐射, 20 °C 条件下 80% 的相对空气湿度的光合速率比 20% 相对空气湿度的增加了 27.8%。90% 空气湿度超过光合测定仪工作的湿度条件范围, 90% 及以上湿度条件下的光合速率未能进行测定。滇重楼适于高湿度的环境, 最适湿度条件在 75% 以上。自然条件下, 滇重楼光合作用进行的大多数时间达不到最佳湿度条件。对湿度的这种特殊要求可能就是造成滇重楼生长极为缓慢的原因之一。

3 结论与讨论

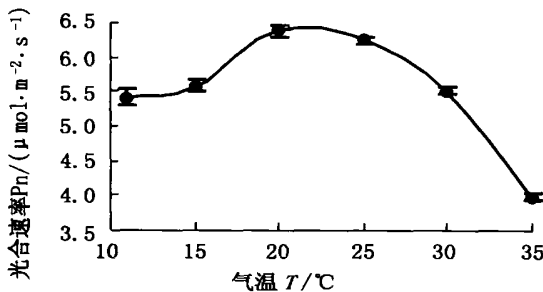
从光合曲线及光合特征来看, 滇重楼不需较强光照, 但在较光亮的生境中生长更好, 属耐阴植物。光合作用吸收和固定 CO_2 为 C_3 途径, 较高的 CO_2 浓度可提高光能利用率。

光合作用最适温度范围较大 (16 ~ 28 °C)。对高温的适应能力高于高山植物, 对低温的适应能力不及高山植物。

滇重楼光合作用的最佳条件是强光照和高湿度, 但在其自然生境中, 森林下生境湿度高, 但光照弱; 草地生境光照强, 而湿度低。在中低海拔地区, 自然界很难找到理想的最佳生境。在海拔稍高的山地, 随着气温的下降, 湿度增加, 草地或疏林地应该成为是滇重楼生长的理想生境。人工种植在透光较好的生境中生长不好^[4], 原因可能是湿度低, 不是光照过强所致。

尽管强光可获得最高的光合速率, 但强光照往往引起生境温度升高及湿度下降, 高温和低空气湿度对滇重楼叶片的光合作用不利。适当的遮阴有利于降低气温保持高湿度, 植株可获得较高的有机碳积累。人工种植滇重楼时应以适当遮阴为好, 遮阴度以不超过 75% 为宜。

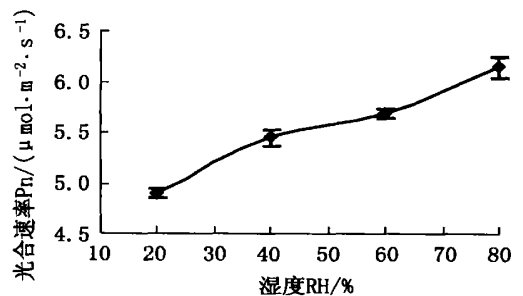
滇重楼植株的一二年生幼苗只有 1 片叶, 4 年生有 4 ~ 6 片叶, 5 年成熟后也只有 5 ~ 11 枚叶片, 光合面积小。叶片的光合能力也不高, 而且光合时间只有 7 个月^[1], 滇重楼的光能利用率低, 光合积累有限, 致使根茎的年生生长量较低。要提高滇重楼光能利用率, 增加光合面积几乎不可能, 提高光合能力的可能性也有限, 在最适环境条件下增加光合作用的时间是积累更多有机物质及增加产量的途径之一。



试验条件: 空气相对湿度 (60 ± 5)%, $n(\text{CO}_2)$: $n(\text{空气}) = (400 \pm 5) \mu\text{mol}/\text{mol}$, 有效光合辐射 (1 000 ± 2) $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

图 3 滇重楼光合作用的温度响应

Fig. 3 Relation between net photosynthetic rate (P_n) of *P. polyphylla* var. *yunnanensis* and temperature



试验条件: 叶室温度 (2.0 ± 1) °C, $n(\text{CO}_2)$: $n(\text{空气}) = (395 \pm 5) \mu\text{mol}/\text{mol}$, 有效光合辐射 (1 000 ± 2) $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

图 4 滇重楼光合作用的湿度响应

Fig. 4 Relation between net photosynthetic rate (P_n) of *P. polyphylla* var. *yunnanensis* and relative humidity (RH)

参考文献:

- [1] 李 恒. 重楼属植物[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [3] 边洪荣, 李小娜, 王会敏. 重楼的研究及应用进展[J]. 中药材, 2002, 25(3): 218—220.
- [4] 王丽萍, 起学伟. 云南重楼野生驯化及栽培技术研究初探[J]. 中国野生植物资源, 2002, 21(1): 62—63.
- [5] LARCHER W. 植物生理生态学[M]. 李 博, 张陆德, 岳绍先, 等译. 北京: 科学出版社, 1980.
- [6] 曹仪植, 宋占午, 陈善娜, 等. 植物生理学[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998.
- [7] 郭连旺, 沈允钢, 武 海, 等. 杜仲光合特性的研究[J]. 植物学报, 1996, 38(4): 283—286.
- [8] 苏文华, 张光飞. 二回原始观音座莲蕨光合作用的生理生态学研究[J]. 广西植物研究, 2002, 22(5): 449—452.
- [9] 苏文华, 张光飞. 土壤温度与气温对紫花雪山报春光合作用和蒸腾作用的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 824—830.

Relation1 between the photosynthesis of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* and the environmental factors

SU Weir hua^{1,2}, ZHANG Guang fei¹

(1. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Laboratory for Conservation and Utilization of Bio resources, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: Light compensation point, saturation light intensity, CO₂ compensation point carboxylation efficiency and the effect of temperature and humidity on the photosynthetic rate of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* were studied with the photosynthesis analysis system and in the phytotron. It shown light compensation point, CO₂ compensation point and carboxylation efficiency was 5.7 μmol/(m²·s), 65 μmol/mol and 0.0295 respectively, but the saturation light intensity was not monitored even if the photosynthetic active radiation increased from 0 to 2000 μmol/(m²·s) and the optimal radiation was from 750 to 2000 μmol/(m²·s). The net photosynthetic rate increased with CO₂ concentration increasing, the CO₂ concentration over normality would enhance utilization efficiency of light energy in photosynthesis. When the leaf temperature increased from 11 °C to 20 °C the net photosynthetic rate increased, but it increased from 20 °C to 35 °C, the rate decreased. The optimal temperature was from 16 °C to 28 °C. When relative humidity went up from 20% to 85%, the net photosynthetic rate increased. The optimal humidity was above 75%.

Key words: *P. polyphylla* var. *yunnanensis*; photosynthesis; light; CO₂ concentration; air temperature; relative humidity