

不同光照条件对薄片变豆菜生长及光合特性的影响

蔡仕珍¹, 李 璟², 李 西¹, 潘远智¹, 叶 充³

(1. 四川农业大学 风景园林学院, 四川 成都 611130 2. 宜宾职业技术学院, 四川 宜宾 644000 3. 四川农业大学 图书馆, 四川 成都 611130)

摘 要: 测定了竹林下、水杉林内及林缘、空地已栽植 3 a 的薄片变豆菜生长及光合日变化。结果表明: 竹林、水杉林东、空地植株叶面积指数较大, 净光合速率较高, 生长良好; 水杉林内叶面积指数较小, 净光合速率较低, 生长一般; 水杉林西叶面积指数最小, 净光合速率较高, 生长受到抑制。

关键词: 光照条件; 薄片变豆菜; 生长; 光合特性

中图分类号: S 681.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)05-0088-04

薄片变豆菜(*Sanicula lamelligera*)为伞形花科变豆菜属多年生常绿春季开花型草本观赏植物, 又名散血草、肺经草。薄片变豆菜是一味著名的民间民族药, 药用历史悠久, 也是变豆菜属仅有的形成中药商品的几个品种之一。在四川分布面较广、野生资源较丰富。有关变豆菜属植物的研究仅见在资源调查^[1]、种质鉴定及评价^[2]、引种驯化方面^[3]有部分报道, 少见其栽培环境及栽培生理方面的研究, 更罕见其在园林绿化中的配置应用报道。该试验对其进行栽培环境及光合特性的研究, 旨在为其规模化栽培及拓展到园林绿地中的应用起到一定作用。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于四川省雅安市, 土壤为紫色土, 海拔 850 m, 属亚热带季风性湿润气候; 年均温度 16.1℃, 1 月份气温 6.1℃, 极端最高温度 37.7℃, 极端低温 -3.0℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 5 321℃; 年降雨量 1 772.2 mm, 相对湿度为 83%; 年均日照时数 1 019.9 h, 全年太阳辐射总量为 3 640.13 MJ/cm², 全年无霜期 304 d。

1.2 试验设计

试验小区的筛选: 散生竹水竹林下(林内地面有部分太阳光斑, 中午 12:00 测透光度约为 15%, 记为竹林), 5 a 生水杉林内(夏季林内地面有少许太阳光斑, 中午 12:00 测透光度约为 6%, 记为水杉林内), 5 a 生水杉林缘(夏季早晨太阳光照 2~3 h, 下午太阳西晒 2~3 h 的地各 1 块, 依次记为水杉林东、水杉林西), 座西向东、

背靠山体的建筑物后空地(无太阳直射光, 记为空地)。样地集中在 300 m 的范围内。

材料的培育: 选长势良好, 大小基本一致的 1 a 生播种苗, 于 2007 年 3 月 20 日带土栽种于试验地内。试验地土壤用田园土和林下腐叶土按体积比 1:1 进行改土, 作成略高于地面的厢地, 以防积水。其中竹林下和水杉林内的种植地主要依据林内透光率做成不规则的地块, 水杉林缘和空地作成长方形。幼苗栽植间距约 20 cm。每块地栽苗 100 株。生长季节适时中耕除草, 干旱时补足水分。2007 年酷暑季节因幼苗太小, 抗逆性差, 对林缘地采用 70% 遮光网进行防暑降温, 抚育幼苗, 2008~2009 年取消防暑降温措施。

1.3 指标测定方法

植株保存率: 2007~2009 年 5 月和 9 月统计, 保存率 = (植株的保存数量 / 100) × 100%。比叶重的测定: 2009 年 10 月, 每处理随机选 10 株, 用 1 cm 打空器随机取各处理株丛内部和外部叶片 30 片, 0.1% 天平称重, 计算单位叶面积的重量。叶面积指数: 2009 年 10 月, 用 YMT-A 叶面积仪测定叶面积。计算公式: 叶面积指数 = 绿叶总面积 / 占地面积。根冠比: 2009 年 10 月, 每处理随机选 10 株, 将植株整株挖起, 清水洗净后, 从根颈部切断, 80℃ 烘箱中烘干至恒重, 0.1% 天平称重, 并计算比值。叶绿素含量测定: 2009 年 7 月, 用 1 cm 打空器随机取各处理株丛内部和外部叶片 30 片, 剪碎拌匀后称出 0.3 g 置于 100 mL 容量瓶中, 浸提法^[4]测定。气体交换参数日变化的测定: 气体交换参数净光合速率(Pn)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr), 采用 LI-6400 便携式红外气体分析仪于 2009 年 7 月中旬进行。气孔限制值计算公式 $L_s = 1 - C_i / C_a$ (C_a 为空气中 CO₂ 浓度)。测定时选株丛中部成熟功能叶进行测定, 其中每地随机测 3 丛, 每丛选不同方位的 3 片叶, 每片叶测定 3 次。

第一作者简介: 蔡仕珍(1971-), 女, 硕士, 实验师, 研究方向为花卉栽培与园林应用。

收稿日期: 2010-12-13

1.4 数据处理

数据采用 DPS 和 Excel 软件统计, 单因子方差分析法分析 ($P<0.05$), 多重比较用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同光照条件下薄片变豆菜生长状况比较

2.1.1 植株保存率的比较 薄片变豆菜是一种林下地被植物, 限制其生长的主要环境条件是林内光照条件的变化, 而复层群落上层植物的生长是影响林内光照条件最关键的因素。从表 1 可知, 2007 年 5 月植株的移栽成活率均达到 100%, 9 月的保存率也达到 100%; 各试验小区 9 月与次年 5 月的保存率一致; 水杉林西植株 2007 ~ 2009 年 9 月的保存率依次为 100%、25%和 11%, 2008 和 2009 年分别比 2007 年下降了 75%和 14%; 而竹林、水杉林内、水杉林东、空地植株从 2007 ~ 2009 年 9 月的保存率均高于 85%保存率。说明供试植株没有越冬障碍, 但存在越夏障碍。水杉林西植株 2007 年越夏后的保存率达到 100%的主要原因是夏季采用了遮光防暑降温的抚育措施。2008 ~ 2009 年保存率骤然大幅度下降是酷暑的强光和高温引起的。

表 1 薄片变豆菜植株保存率统计表 %					
时间	竹林	水杉林内	水杉林东	水杉林西	空地
2007 年 5 月	100	100	100	100	100
2007 年 9 月	100	100	100	100	100
2008 年 5 月	100	100	100	100	100
2008 年 9 月	97	98	90	25	99
2009 年 5 月	97	98	90	25	99
2009 年 9 月	95	93	87	11	96

2.1.2 植株比叶重、根冠比和叶面积指数的比较 叶片比叶重变化可以代表叶片厚度的变化, 反映光合能力的大小和生长状况, 而叶片的形态建成与所处的光环境及光合产物的分配密切相关。比叶重小、叶片往往较薄, 单位面积用于光合作用的叶肉组织少, 光合速率低。但林下植物往往通过增加光合面积方式来捕获更多的光量子, 制造更多的光合产物, 维持生长发育需要。表 2 显示, 叶片的比叶重以水杉林东和水杉林西叶片较大, 较厚, 且差异不显著 ($P<0.05$); 竹林和空地次之, 二者差异也不显著, 但与水杉林东和水杉林西差异显著 ($P<0.05$); 水杉林内最小, 叶片最薄, 与前者差异明显 ($P<0.05$)。叶面积指数以空地最大, 竹林次之, 水杉林东再次之, 水杉林西最小, 且各小区之间差异显著; 根冠比以水杉林西和空地最大, 竹林和水杉林东次之, 水杉林内最小, 但空地和竹林、竹林和水杉林东、水杉林东和水杉林内差异不显著。综合上述 3 项指标发现, 水杉林西与水杉林东的植株叶片均较厚, 光合能力较强, 但前者叶面积指数明显小于后者, 叶面积发展较慢, 生物量优先分配在地下部分, 可能是该小区历经午间的酷热后, 西晒的强光和高温依然形成了植株生长的逆境, 植株的地

下须根不能充分利用较深土层中的水分, 及时补偿叶片的蒸腾作用引起的水分亏缺而导致了部分叶片的日烧甚至脱水衰亡; 空地和竹林下的植株均有高的叶面积指数, 生物量表现为优先分配到地上部分, 因植株为丛生状, 故株丛的生长较旺盛。水杉林内植株叶面积指数较竹林小, 可能的原因是林下的光照条件较竹林差导致株丛叶片在空间的分布以能最大限度利用光能的稀疏状结构所致。

表 2 薄片变豆菜植株叶片比叶重和叶面积指数统计表

指标	竹林	水杉林内	水杉林东	水杉林西	空地
比叶重 $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$	5.42b	4.26c	5.57a	5.61a	5.46b
根冠比	0.941b	0.854c	0.916bc	1.033a	0.972ab
叶面积指数	4.87b	4.23d	4.77c	2.41e	5.39a

注: 同行不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.2 不同光照条件下薄片变豆菜光合特性的比较

2.2.1 叶片叶绿素含量和比值的比较 叶绿素是反映植物生理活性变化的重要指标之一, 也是光合作用光能利用的重要指标, 对光能的吸收、传递及光化学反应起着非常重要的作用, 能反映植物生长状况的好坏。表 3 显示, 各样地间 Chla 和 Chlb 含量变化一致, 从高至低的排序依次为水杉林内、竹林、空地、水杉林东、水杉林西, 且相互之间差异显著, 而 Chla/Chlb 的变化趋势与上述 2 项指标相反, 以水杉林西最大, 水杉林内最小。可见薄片变豆菜在接受较长时间直射光时, Chlb 会降解, 以减少捕光色素蛋白复合体 (LHC) 的含量, 降低 PSII 对光能的捕获, 有利于减轻光抑制, 而在无直射光或林下有部分光斑的环境里, 则能通过调整提高 Chla 和 Chlb 含量及 Chla/Chlb 以捕获更多漫射光和移动光斑的来适应光环境的变化。

表 3 薄片变豆菜叶绿素含量

	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总量	叶绿素 a/b
	$/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$/\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	
竹林	2.224 \pm 0.008b	5.629 \pm 0.008b	7.853 \pm 0.012b	0.395 \pm 0.011c
水杉林内	2.020 \pm 0.007c	6.352 \pm 0.010a	8.372 \pm 0.016a	0.318 \pm 0.014d
水杉林东	2.545 \pm 0.009a	2.722 \pm 0.007d	5.267 \pm 0.015d	0.935 \pm 0.009b
水杉林西	2.224 \pm 0.007b	1.807 \pm 0.009e	4.031 \pm 0.020e	1.231 \pm 0.010a
空地	1.998 \pm 0.008c	5.367 \pm 0.010c	7.365 \pm 0.021c	0.367 \pm 0.013cd

2.2.2 叶片光合日变化的比较 光环境是影响林下植物光合作用的主要因子, 光合作用是植物生长和对环境变化响应的重要决定因子之一, 不仅能判断植物能否在特定光环境下存活和生长, 还能说明植物对长期环境变化的适应潜力的大小。各小区气温显示, 9:30 和 17:30 大气温度均高于 30℃, 且 11:30 ~ 15:30 期间在 34 ~ 36℃(图 1)。净光合速度 (Pn) 日变化显示 (图 2), 竹林和水杉林内植株先升高后降低, 呈典型的单峰曲线, 水杉林东和空地植株均先升高后降低再升高再降低, 呈双峰曲线, 水杉林西植株呈升高后降低再升高趋势; 除竹林的峰值出现在下午 15:30 外, 其余小区的 (最大) 峰值均

出现在上午 11:30 水杉林东和空地的次峰值出现在下午 15:30 但峰值不明显;从全天的 P_n 值来看,水杉林东和竹林全天都较其余小区高,空地高于水杉林西,柳杉林内最低,且中午前后柳杉林西的下降幅度最大。

蒸腾速率(T_r)的变化影响植物水分利用状况,在一定程度上能反映植物适应环境的能力;气孔是 CO_2 、水蒸气等物质交换通道,植物常常通过气孔的开闭来适应环境的变化,气孔导度是衡量气孔开放程度的重要指标。上午 11:30 以后,各小区叶片的气孔导度(G_s)和 T_r

的变化趋势大体一致(图 3、4)。竹林呈降-升-降趋势,水杉林东和水杉林西、空地呈下降趋势,空地呈先下降,15:30 后上升,水杉林内先上升后下降。

胞间 CO_2 浓度(C_i)显示,11:30 以后,竹林呈下降趋势,水杉林内呈上升趋势,水杉林东、水杉林西和空地呈先下降后上升趋势(图 5)。气孔限制值(L_s)可见,水杉林东、水杉林西、空地 15:30 分前均上升;竹林 11:30 前、15:30 后变化不大,但 13:30 左右急剧升高;水杉林内呈升降升降变化趋势,13:30 略下调,15:30 最高。

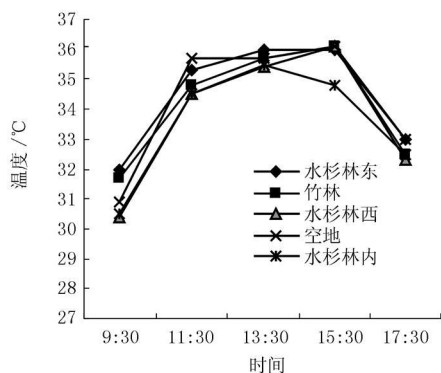


图 1 气温日变化

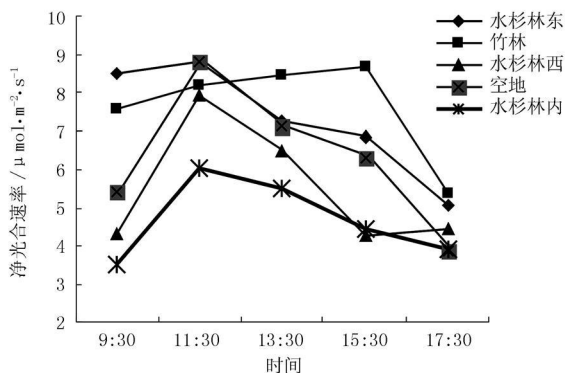


图 2 薄片变豆菜净光合速率日变化

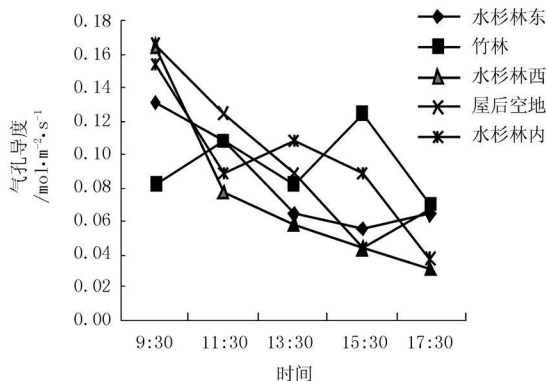


图 3 薄片变豆菜气孔导度日变化

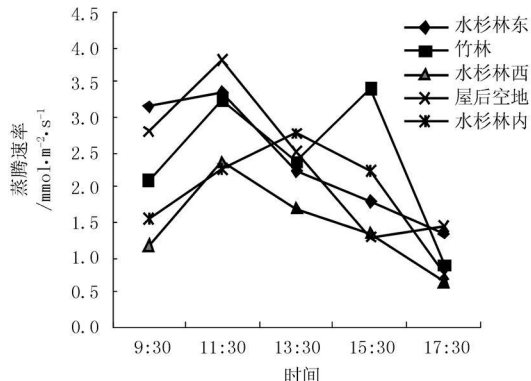


图 4 薄片变豆菜蒸腾速率日变化

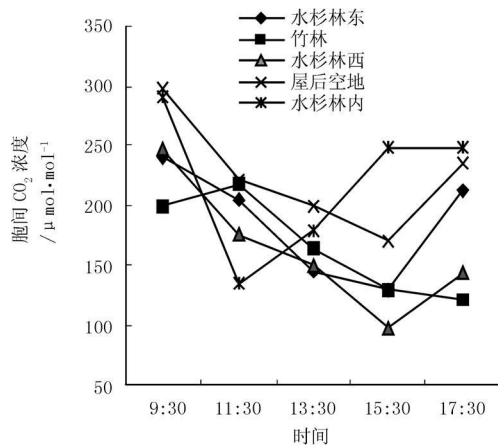


图 5 薄片变豆菜胞间 CO_2 浓度日变化

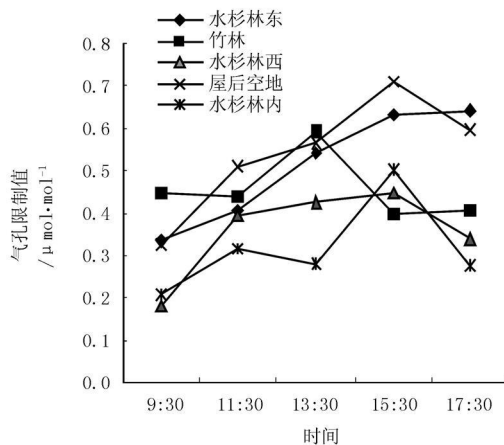


图 6 薄片变豆菜气孔限制值变化

Pn、Gs、Tr、Ci 和 Ls 变化显示, 11:30 ~ 15:30 竹林的 Pn 没有明显下降, Ci 下降, Gs 和 Tr 先降后升, Ls 先升后降, 表明 Gs 和 Tr 变化受到 Ls 调控, Ci 下降的主要原因是 Ls 限制和 Pn 没有下调所致, 竹林的环境没有形成光合作用的逆境; 11:30 ~ 15:30 水杉林东、空地和水杉林西的 Pn、Gs、Tr 和 Ci 均呈下降趋势, 而 Ls 则上升, 表明 Pn 下降的主要原因是环境综合因素引起的, 非气孔限制所致; 11:30 ~ 15:30 水杉林内 Pn 与 Ci 变化相反, Gs 和 Tr 与 Ls 变化也相反, 表明叶片光合速率下调的原因可能与气孔限制、水分蒸发所致, Ci 升高主要受气孔限制。不同光环境下, Pn、Gs、Tr、Ci 和 Ls 的变化进一步揭示了薄片变豆菜对复杂多变光环境的不同适应机制。

3 结论与讨论

光是影响植物生长发育和分布的重要环境因子之一。复杂多变的环境, 使植物必须在生理上发生与之相应的改变来适应环境, 而光合能力的大小是衡量植物适应生境的重要指标。叶片是植物对环境变化最为敏感的光合器官之一, 其形态和株丛长势特征最能体现环境因子的影响及植物对环境的适应。光照不足, 限制植物的光合速率, 植物生长也会受限; 相反, 光照过强, 就会破坏植物的光合机构, 抑制植物生长甚至导致植株死亡。薄片变豆菜是典型的林下植物, 其在不同的光照环境下的生长状况表明, 水杉林东、空地、竹林的植株生长较好, 水杉林内光照较弱, 植株生长较差, 水杉林西受到西晒逆境的限制, 生长不良。光合作用揭示了导致其生长差异的原因主要是光合速率和光合面积(叶面积)的

差异形成的, 即水杉林东、空地、竹林有较高的光合速率和光合面积, 植株生长良好; 水杉林内光合速率虽然较小, 但其有较大的光合面积、较高的 Chlb 含量和较低的 Chla/b, 便于吸收林下有限的红光和维持光系统 I 和光系统II之间的能量平衡, 能在弱光环境中生存; 水杉林西虽然有较高的光合速率, 但其光合面积较小, 光合作用受到光抑制, 叶绿素受到破坏而降解, 光合碳的净积累受到抑制, 植株生长受到限制。

从各试验地群落上层植物的季节生长看, 竹林四季常绿, 但枝叶较稀疏, 林下有充足的漫射光和移动光斑, 为薄片变豆菜的生长提供了充足的光源; 水杉林为落叶树种, 春季和冬季林下有充足的太阳光, 且厚厚的落叶铺在地面, 为薄片变豆菜起到了良好的保温作用, 夏季茂盛的枝叶则起到了良好的防暑降温作用。而空地由房屋和山体共同形成了一个气候环境, 也有充足的漫射光, 保证了光的供给。由此可知, 薄片变豆菜可以作为良好的观花观叶地被植物, 成片或群植于竹林、落叶林和遮光度 80%左右的常绿林下及林缘; 也可呈条状、散点状等配置于墙院角隅, 是花境和阴生生境花坛的新材料。

参考文献

[1] 周小江, 贾敏如. 民间民族药肺经草的药用资源调查[J]. 中国民族民间医药杂志, 2007(6): 366-367.
[2] 刘富林, 郭纯, 周小江, 等. 4 种肺经草的 RAPD 分析[J]. 湖南中医药大学学报, 2008(6): 46-48.
[3] 蔡仕珍, 陈其兵, 叶充. 野生花卉薄片变豆菜的引种驯化研究[J]. 北方园艺, 2007(6): 129-130.
[4] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003.

Effects of Different Light Condition on Growth and Photosynthetic Characteristics of *Sanicula lamelligera*

CAI Shi-zhen¹, LI Jing², LI Xi¹, PAN Yuan-zhi¹, YE Chong³

(1. College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Cheng' du, Sichuan 611130; 2. Yibin Vocational and Technical College, Y' bin, Sichuan 644000; 3. Library of Sichuan University, Cheng' du, Sichuan 611130)

Abstract: Growth and diurnal photosynthetic change of three years old *Sanicula lamelligera* under different light condition were studied. The results showed that leaf area index and Pn of plants under bamboo forest, the east of metasequoia glyptostroboides forest and the space were higher and growth better than under metasequoia glyptostroboides forest; the plants in the west of metasequoia glyptostroboides forest had miniest leaf area index, lower Pn and growth bad.

Key words: light condition; *Sanicula lamelligera*; growth; photosynthetic characteristics