

遮光对窄头囊吾形态及光合特性的影响

林夏珍, 卢 婷

(浙江林学院 园林学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 对不同遮光条件下窄头囊吾 *Ligularia stenocephala* 形态及光合特性进行研究。结果表明: 遮光处理对窄头囊吾形态特性有明显影响, 在 55% 的遮光条件下, 窄头囊吾具有较高的相对生长率。窄头囊吾的净光合速率日变化曲线在不同光照条件下均呈“双峰”型, 在 13:00 出现明显的光合“午休”现象。在 0 (全光照), 55% 和 75% 遮光条件下, 窄头囊吾的光补偿点分别为 13.20, 15.10 和 8.63 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 光饱和点分别为 919.66, 749.20 和 727.34 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 最大净光合速率分别为 7.13, 9.29 和 8.21 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 表观量子效率分别为 0.040 1, 0.046 0 和 0.046 3。与对照相比, 55% 和 75% 的遮光使窄头囊吾的最大净光合速率增高了 30.3% 和 15.1%。不同遮光条件下, 窄头囊吾的光饱和点和光补偿点都较低, 表明其对光照的要求不高, 属于耐荫植物, 适宜在弱光照环境下栽培与应用。图 2 表 4 参 16

关键词: 植物学; 窄头囊吾; 遮光; 形态特征; 光合特性

中图分类号: S718.43 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)05-0614-05

Morphological and photosynthetic characteristics of *Ligularia stenocephala* with shading

LIN Xia-zhen, LU Ting

(School of Landscape Architecture, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: *Ligularia stenocephala* (Compositae), a perennial herb, is a potential ground-cover plant. Shading (0, 55%, and 75%) was applied to *L. stenocephala* to determine a theoretical basis for morphological and photosynthetic characteristics in plantation and landscape application. Results indicated that relative growth rate was higher with 55% shading. The diurnal variation of net photosynthesis (Pn) in *L. stenocephala* with all shade conditions presented a double-peak curve with a midday depression for Pn at 13:00. For shading of 0, 55%, and 75%, the light compensation points (LCP) were 13.20, 15.10, and 8.63 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; the light saturation points (LSP) were 919.66, 749.20, and 727.34 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; the maximum net photosynthetic rates were 7.13, 9.29, and 8.21 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; and apparent quantum efficiencies were 0.040 1, 0.046 0, and 0.046 3, respectively. The maximum Pn rate significantly ($P < 0.05$) increased, and LSP were significantly ($P < 0.05$) decreased with 55% and 75% shading, with shading of 75%, LCP were significantly lower than shading of 0 and 55%. This result indicated that *L. stenocephala* was adapted to weak light. Thus, *L. stenocephala* is a shade tolerant plant that can be planted under low light conditions. [Ch, 2 fig. 4 tab. 16 ref.]

Key words: botany; *Ligularia stenocephala*; shading; morphological characteristics; photosynthetic characteristics

随着我国城市建设步伐的加快, 城市中 50% 以上绿地处于荫蔽环境中^[1], 为尽快解决城市荫蔽地带的植物配置问题, 建立稳定而多样化的园林复层种植结构, 提高单位绿地的生态效益, 耐荫地被植

收稿日期: 2008-03-10; 修回日期: 2008-06-05

基金项目: 浙江省科学技术攻关项目(2002C32016); 浙江省林业厅资助项目(07A15)

作者简介: 林夏珍, 副教授, 博士, 从事园林植物栽培与应用研究。E-mail: linxz100@yahoo.com

物的筛选和应用研究亟待加强。窄头囊吾 *Ligularia stenocephala* 为菊科 Compositae 囊吾属 *Ligularia* 多年生草本植物, 叶形美丽, 姿态雅致, 花期长达 1 个月之久, 性喜阴湿环境, 是一种优良野生观赏植物, 有望开发为弱光照环境中的地被植物和室内盆栽植物。国内对窄头囊吾的开发还处于起步阶段, 尽管在中国的浙江、江苏、云南、四川、西藏、河北、河南和山东等地有窄头囊吾的野生种分布^[2], 但至今还未见其栽培应用。为充分开发窄头囊吾的园林应用价值, 作者通过对不同遮光条件下窄头囊吾生长发育及光合特性的研究, 以期提出合理的光照栽培生态指标, 从而为其引种驯化和规模化栽培提供理论依据。

1 材料及方法

1.1 材料与处理方法

窄头囊吾种子采自浙江天目山海拔 1 100 m 的老殿附近。2007 年 1 月 7 日在浙江林学院温室大棚内播种。2 月 15 日当幼苗生长出 2 ~ 4 片真叶时移栽到直径 15 cm 的营养钵, 后放置于浙江林学院植物园苗圃培养, 3 月 15 日植株长出 6 ~ 8 片真叶时开始用商业用黑色遮阳网进行遮光处理。遮阳网设在离地面 1 m 高处, 遮阳网四周底线离地面 10 cm, 便于通风。通过增加遮阳网的层数来调整遮光程度, 并用 ZF-Z 型照度计测定。设置的遮光程度分别为 0 (全光照作对照), 55%, 75%。每种遮光条件下随机选取 30 盆幼苗作为重复。各处理按需求进行日常水分管理。栽培基质主要由珍珠岩、河砂、泥炭及复合肥混合而成。其性状如表 1。

表 1 培养土基本理化性状

Table 1 The basic physical and chemical characteristics of sample soil

pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (mg·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	速效氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
7.34	17.00	2.65	234.70	14.50	0.83	30.01	125.00

1.2 观测项目及测定方法

1.2.1 生长发育及观赏特性观测 定期观察窄头囊吾生长情况, 统计新生叶片数量和分生芽萌发数量。定期用直尺测量植株高度及叶片的长度、宽度。观测株形、叶片色泽、整体观赏效果及病虫害情况。

1.2.2 净光合速率日变化的测定 采用 Li-6400 便携式光合测定仪对窄头囊吾叶片进行原位光合测定, 测定时间为 2007 年 9 月下旬晴朗天气, 于 7:00 - 19:00。每隔 2 h 测定 1 次, 重复测定 3 d。选取完全展开、生长正常的上部叶片为测定对象, 每处理重复 3 次, 每次测 1 片叶, 每片叶重复记录 3 组数据, 取其平均值。

1.2.3 光合-光响应曲线的测定 利用 Li-6400 便携式光合测定仪, 选择 9 月下旬晴朗天气。用开放气路, 空气流速为 0.5 L·min⁻¹, 叶室温度为 25℃, 叶室相对湿度 50% ~ 55%, 二氧化碳(CO₂)摩尔分数为 380 μmol·mol⁻¹。利用系统红蓝光源设置 2 000, 1 500, 1 200, 1 000, 800, 600, 400, 200, 100, 50, 25, 0 μmol·m⁻²·s⁻¹ 光合有效辐射, 每个点最短等待时间是 180 s, 最长等待时间是 240 s。仪器标定好进入工作状态后, 自动记录测定数据。

1.3 数据统计分析

根据光合-光响应曲线拟合的对数方程求得光补偿点、光饱和点及最大净光合速率。比较不同光环境下光补偿点、光饱和点及最大净光合速率的差异。在低光强下, 净光合速率与光有效辐射成线性关系, 即光合有效辐射 < 100 μmol·m⁻²·s⁻¹ 时, 对光合有效辐射和净光合速率进行直线回归, 求得各遮光程度的表观量子效率。

2 结果与分析

2.1 遮光对窄头囊吾生长发育的影响

由表2可知,遮光处理对窄头囊吾形态指标有明显影响。遮光处理下,植株的相对生长率均高于对照,其中以55%遮光条件的叶片增加数、分生芽数、叶片长度和叶片宽度的增加数为最多。说明适度遮光有利于窄头囊吾的生长和有机物质的积累。随遮光度增大,植株高度随之增高,但不同处理间植株高生长的差异性不显著。

2.2 遮光对观赏特性的影响

1年生窄头囊吾的主要观赏部位是株型和叶。在3种遮光处理条件下,窄头囊吾的叶色正常,植株无明显徒长现象,其观赏特性基本不受遮光度的影响。这说明窄头囊吾可以在试验设置的遮光处理条件下生存。

表2 遮光对窄头囊吾形态指标的影响

Table 2 Effects of different shading on morphological indexes of *Ligularia stenocephala*

遮光度/%	生长指标				
	株高/cm	增加叶片数/个	叶片长度/cm	叶片宽度/cm	分生芽数/个
0	28.7 ±2.17 a	3.1 ±0.99 b	11.6 ±1.87 b	16.8 ±1.79 b	3.1 ±0.74 a
55	29.2 ±2.63 a	3.9 ±1.37 a	14.5 ±2.59 a	21.08 ±1.03 a	3.9 ±0.99 c
75	30.1 ±2.53 a	3.2 ±1.55 b	12.8 ±2.30 ab	18.2 ±2.19 ab	3.5 ±1.08 b

说明: 株高、叶片长度、叶片宽度各数据均为平均值±标准偏差(n=10)。增加叶片数=平均每株总叶片数-遮光前平均每株叶片数,测定样株每处理10株; 小写字母表示同一植物、同一指标、不同遮光处理下在P<0.05水平下多重比较的结果,字母不同表示差异性显著。

2.3 遮光对窄头囊吾净光合速率日变化的影响

不同遮光处理对窄头囊吾净光合速率日变化有明显影响。从图1可知,3种处理的窄头囊吾净光合速率的日变化曲线均呈“双峰”型,出现明显的“午休”现象。上午随着光强的增加,净光合速率上升,第1个净光合速率峰值出现在9:00,但不同遮光度下出现的净光合速率峰值有所差异,其中以55%遮光处理的为最高,达 $9.41 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,以对照处理(全光照)的最低,为 $3.97 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,75%遮光处理的净光合速率处于中间水平,为 $7.95 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。55%和75%处理的高峰持续时间较短,而对照处理的高峰持续时间较长。13:00时,3种遮光的净光合速率都达到低谷。55%和75%遮光处理的第2次高峰出现在17:00左右,而对照处理的第2次峰值出现在15:00,但不同遮光度下出现的净光合速率峰值均低于第1次峰值,55%,75%和全光照等3种不同处理的净光合速率第2次峰值分别为4.24,1.70和 $1.38 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从图1中可以看出,3个处理的窄头囊吾光合能力整体上午要强于下午。

2.4 遮光对光合-光响应曲线的影响

如图2所示,不同遮光处理后对窄头囊吾的光合作用-光响应曲线影响不同。当光合有效辐射低于 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,不同处理的窄头囊吾净光合速率均与光合有效辐射呈线性关系,不同处理间的净光合速率差别不大;当光合有效辐射为 $100 \sim 2000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,净光合速率随着光强的增加而缓慢增大,超过一定范围后,保持比较平稳的趋势。应用对数模型对光响应曲线进行拟合,回归方程见表3,在同一光合有效辐射强度下,2种较高遮光处理的曲线均明显高于对照,而且55%遮光处理的净光合速率高于75%遮光的处理。这说明遮光增加了窄头囊吾利用 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的光合有效辐射的能力,但过多的遮光反而导致窄头囊吾利用光合有效辐射的能力降低。

由表3可以看出,遮光程度对其光补偿点、光饱和点、最大净光合效率均产生了一定的影响。3种处理条件下,窄头囊吾的光补偿点均较低($8.63 \sim 15.10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),光饱和点均低于 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($919.66 \sim 727.34 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。与对照相比,75%遮光处理后,窄头囊吾的光补偿点、光饱和点分

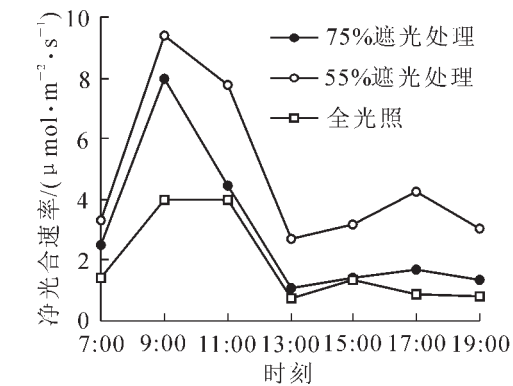


图 1 遮光对窄头囊吾净光合速率日变化的影响
Figure 1 The diurnal variations of net photosynthetic rates of *Ligularia stenocephala* under different light environments

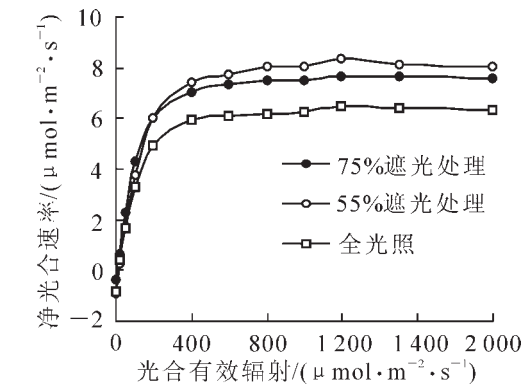


图 2 窄头囊吾光合有效辐射-净光合速率响应曲线图
Figure 2 The photosynthetic-light response curves of *L. stenocephala* under different light environments

表 3 窄头囊吾光合-光响应曲线回归方程

Table 3 Photosynthetic characteristics and regression equation of net photosynthetic rate and light response of leaves of *L. stenocephala*

遮光度/%	光补偿点/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光饱和点/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	最大净光合速/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	回归方程	R	P
0	13.20 b	919.66 b	7.13 c	$y = 1.374\ 8 \ln x - 3.179\ 8$	0.964 1	0.000 1
55	15.10 b	749.20 a	9.29 b	$y = 1.576\ 9 \ln x - 3.331\ 0$	0.960 6	0.000 0
75	8.63 a	727.34 a	8.21 a	$y = 1.860\ 5 \ln x - 4.801\ 5$	0.966 8	0.000 0

说明：x 为光合有效辐射，y 为净光合速率；小写字母表示同一植物、同一指标、不同遮光处理下在 $P < 0.05$ 水平下多重比较的结果，字母不同表示差异性显著。

别下降了 34.6%和 21.0%，最大净光合效率增高了 15.1%。55%遮光处理后，光补偿点增高了 14.4%，光饱和点下降了 18.8%，最大净光合效率增高了 30.3%。

为进一步研究窄头囊吾的光能利用效率，对在光量子通量低于 $100\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时的光合速率进行回归分析(表 4)，响应曲线的 R^2 均大于 0.95，直线斜率即为表观量子效率。曲线的斜率越大，表明植物吸收与转换光能的色素蛋白复合体可能越多，利用弱光能力更强一些^[3]。3 个处理的表观量子效率大小为 0.040 1 ~0.046 3，与自然条件下一般植物的表观量子效率(0.03 ~ 0.05)^[4] 基本一致。在遮光条件下的表观量子效率均高于对照，最大表观量子效率出现在遮光 75%的植株，为 0.046 3。这表明，窄头囊吾在遮光环境下，捕获光量子用于光合作用的能力较强。

表 4 窄头囊吾表观量子效率及回归方程

Table 4 The apparent quantum efficiency and its regression equation in leaves of *L. stenocephala*

遮光度/%	表观量子效率	回归方程	R^2
0	0.040 1	$y = 0.040\ 1x - 0.557\ 9$	0.981 7
55	0.046 0	$y = 0.046\ 0x - 0.729\ 6$	0.993 7
75	0.046 3	$y = 0.046\ 3x - 0.255\ 2$	0.995 5

3 讨论

植物生长的状况与其所处的光环境密切相关，植物叶片对环境的光合响应提供了植物在不同光照条件下生存和生长的能力^[5,6]。一般地，阴生植物在一定的遮光环境下，生长发育往往达到最佳状态，即株高正常、不徒长等，当处于轻度遮光限制时，植物可以通过形态和生长调节，如增加株高，扩大叶面积，调整平面在空间上的方向等，主动适应环境，当遮光严重时，生长发育会受到严重阻碍，表现出黄化、瘦弱及死亡现象^[7]。本研究表明，55%的遮光处理下的窄头囊吾叶片数增长量、叶片长度、叶片宽度、植株分芽数及高度均大于其他 2 种处理，说明适度遮光对窄头囊吾的生长发育有促进作用，过度遮光使窄头囊吾出现一定的徒长，植株的开展度变小，分生芽数减少。这可能是适度的遮

光改善了空气相对湿度与二氧化碳(CO_2)浓度^[8,9],使窄头囊吾具有较高的相对增长率。3种遮光处理的窄头囊吾在本实验条件下均没有出现黄化和瘦弱等不适应状态,说明其能适应试验的几种遮光处理环境。

同一植物光合日变化的波形受其所处环境条件的影响^[10-12]。在我国南方地区的9月,上午气温上升较快,随着光照的加强,净光合速率快速增加,9:00气温一般在25~30℃,空气相对湿度保持较高的水平,所以此时的外界给了窄头囊吾一个非常有利的环境,净光合速率达到一天中的最高值。13:00,随着气温上升到35~40℃,空气相对湿度下降,净光合速率达到低谷,随后,随着光强减弱,净光合速率有一小幅度的上升,至15:00-17:00,不同程度遮光处理的净光合速率达第2次峰值,但由于下午气温偏高,空气湿度偏低,导致窄头囊吾净光合速率峰值上午要明显高于下午。

光补偿点和光饱和点是植物的2个重要的光合生理指标,植物的光补偿点和光饱和点反映了植物对光照的要求^[13]。一般来说,阴性植物的光补偿点小于 $20\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,光饱和点为 $500\sim1\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 或更低^[14]。3种处理条件下,窄头囊吾的光补偿点均较低($8.63\sim15.10\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),光饱和点均低于 $1\,000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($919.66\sim727.34\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),表明窄头囊吾是一种阴生植物。这与窄头囊吾生长在庇荫的自然条件相吻合。表观量子效率是指光合作用机构每吸收1 mol光子后光合释放的氧气(O_2)摩尔数或同化二氧化碳(CO_2)的摩尔数^[15,16]。窄头囊吾在不同遮光条件下的表现量子效率均较高,表明窄头囊吾对弱光的利用能力较强。

窄头囊吾净光合速率随光强的增大而增强,很快达到较高的效率。该现象表明窄头囊吾在光量子密度较低的情况下能更好地利用弱光,进行最大可能的光合作用,增加有机物质的积累,满足生存生长的所需。

综上所述,窄头囊吾的光补偿点和光饱和点均较低,尤其对弱光的利用率较高。因此,窄头囊吾可以在人工植物群落的下层,建筑物遮挡部分太阳直射光的绿地和室内等光照环境下载培与应用。

参考文献:

- [1] 白伟岚, 任建武, 高永伟. 园林植物的耐荫性研究[J]. 林业科技通讯, 1999 (2): 12 - 15.
- [2] 林榕, 刘尚武. 中国植物志: 第77卷第2分册 被子植物门 双子叶植物纲[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 77.
- [3] 盛海燕, 李伟成, 常杰. 伞形科2种植物幼苗生长对光照强度的可塑性响应[J]. 生态学报, 2006, 26 (6): 1 854 - 1 861.
- [4] 朱万泽, 王金锡, 薛建辉. 四川桉木光合生理特性研究[J]. 西南林学院学报, 2001, 21 (4): 196 - 204.
- [5] UEDA Y, NISHIHARA S, TOMITA H, et al. Photosynthetic response of Japanese rose species *Rosa bracteata* and *Rosa rugosa* to temperature and light[J]. Sci Hort, 2000, 84: 365 - 371.
- [6] BOARDMAN N K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1977, 28: 355 - 377.
- [7] 迟伟, 王荣富. 遮光条件下的草莓光合生理特性[J]. 应用生态学报, 2001, 12 (4): 566 - 568.
- [8] 刘贤赵, 康绍忠, 邵明安. 土壤水分与遮荫水平对棉花叶片光合特性的影响研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11 (3): 377 - 381.
- [9] 易干军, 姜小文, 霍合强. 琯溪蜜柚光合特性的研究[J]. 园艺学报, 2003, 30 (5): 519 - 524.
- [10] 高辉远, 邹琦, 程炳嵩. 大豆光合日变化的不同类型及其影响因素[J]. 大豆科学, 1992, 11 (3): 219 - 225.
- [11] 刘悦秋, 孙向阳, 王勇. 遮荫对异株荨麻光合特性和荧光参数的影响[J]. 生态学报, 2007, 27 (8): 3 457 - 3 464.
- [12] 李晓清, 高捍东, 曹小军, 等. 金沙江干热河谷希蒙得木的光合特性[J]. 浙江林学院学报, 2007, 24 (3): 302 - 307.
- [13] 余叔文. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [14] 蒋高明. 植物生理生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [15] 许大全. 气孔的不均匀关闭与光合作用的非气孔限制[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31 (4): 246 - 252.
- [16] 崔炳权, 陈兆平. 糙毛假地豆耐荫性研究[J]. 中国生态农业学报, 2000, 8 (2): 58 - 61.