

遮荫对异株荨麻光合特性和荧光参数的影响

刘悦秋¹ 孙向阳² 王 勇² 刘 音¹

(1. 北京农学院园林系 北京 102206 2. 北京林业大学水土保持学院 北京 100081)

摘要 :系统研究了全光照和不同程度的遮荫 (43% ,58% ,73% ,87% ,97%)对异株荨麻光合特性和荧光参数的影响。结果表明 ,异株荨麻的光补偿点和光饱和点均较低 ,且随着遮荫程度的提高 ,其值以及暗呼吸速率均依次降低。净光合速率日变化曲线呈单峰型 ,光合速率高峰值和日平均光合速率均随着遮荫程度的提高而明显下降。蒸腾速率和气孔导度的日变化与光合速率的日变化趋势一致 ,遮荫对蒸腾作用和气孔导度均有显著的影响 ,随着遮荫程度的提高 ,蒸腾速率和气孔导度均显著下降。在各光照条件下 ,蒸腾速率与气孔导度呈显著正相关。蒸腾速率和气孔导度与光合速率的相关性随遮荫条件的不同而异 ,全光照条件下蒸腾速率与光合速率呈显著正相关 ,而所有遮荫条件下相关性不显著。气孔导度与光合速率在所有光照下相关性均不显著。各遮荫条件下叶片总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 含量均显著高于全光照的 ,且随遮荫程度的提高叶绿素含量呈上升趋势 ,而叶绿素 a/b 的值则随着遮荫程度的提高而下降。叶绿素荧光参数 PS II 内禀光能转化效率 (Fv/Fm)和潜在活性 (Fv/Fo)日变化呈单谷曲线。各遮荫条件下 Fv/Fm 和 Fv/Fo 值均高于全光照的 ,且随着遮荫程度的提高其值均依次增加。这说明 ,异株荨麻是一种耐荫性很强的植物 ,遮荫可使其降低光补偿点、光饱和点、净光合速率、暗呼吸速率以及叶绿素 a/b ,但增加总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 含量、光能利用率以及 PS II 原初光能转化效率和潜在活性 ,以增强在弱光条件下的生长发育能力。

关键词 :异株荨麻 遮荫 光合特性 荧光参数

文章编号 :1000-0933 (2007)08-3457-08 中图分类号 :Q142 ,Q948 文献标识码 :A

Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of *Urtica dioica*

LIU Yue-Qiu¹ ,SUN Xiang-Yang² ,WANG Yong² ,LIU Yin¹

1 Department of Landscape ,Beijing Agriculture College ,Beijing 102206 ,China

2 Department of Water and Soil Holding ,Beijing Forestry University ,Beijing 100083 ,China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (8) 3457 ~ 3464.

Abstract :The effects of the full daylight and the different degrees (43% ,58% ,73% ,87% and 97%) of the shades on the photosynthetic characters and on the chlorophyll fluorescence parameters of *Urtica dioica* L. subsp. *dioica* were examined in these observation. The results indicated that the light compensation point (LCP) , light saturation point (LSP) and dark respiration rate (DP) of the *Urtica dioica* plant were at a low level , the value of which decreased with the increasing of shade degree. The diurnal variation of net photosynthetic rate (Pn) presented only one peak under both full daylight and all shade conditions , the daily maximum and average of net photosynthetic rate decreased significantly with increasing of shade degree , and thereby efficiency of the solar energy utilization increased. The diurnal variations of transpiration rate and stomata conductance in leaves were similar to that of net photosynthetic rate , the values of transpiration rate and stomata conductance also decreased as increasing of the shade degree. The transpiration rate and

基金项目 :国家林业局 "948"资助项目 (0209218)

收稿日期 :2006-09-18 ;修订日期 :2007-05-24

作者简介 :刘悦秋 (1972 ~) ,女 ,博士 ,副教授 ,从事园林植物和环境生态研究。E-mail :liuyueqiu54@163.com

Foundation item :The project was financially supported by the National "948" Project of administration of forestry of China (No. 0209218)

Received date 2006-09-18 ;**Accepted date** 2007-05-24

Biography LIU Yue-Qiu , Ph. D. , Associate professor , mainly engaged in landscape plant and environmental ecology. E-mail :liuyueqiu54@163.com

stomata conductance under full daylight and all shade conditions showed a positive correlation but did not between the transpiration rate and net photosynthetic rate under full shade condition. The stomata conductance and net photosynthetic rate also did not show a positive correlation under full daylight and all shade conditions. The content of total chlorophyll , chlorophyll a and chlorophyll b in leaves grown under all shades conditions were significant higher than those under full daylight , and increased with increasing of shade degrees , meanwhile the chlorophyll a/b decreased. Fv/Fm and Fv/Fo were significantly higher than those under full daylight and increased with increasing of shade degrees under all shade conditions. Results obtained from above showed that the shade tolerant of the stinging nettle plant was contributed by decreasing the light saturation point ,light compensation point ,dark respiration rate and chlorophyll a/b ,through which it increased the efficiency of the solar energy utilization ,the content of total chlorophyll ,chlorophyll a and chlorophyll b ,and the value Fv/Fm and Fv/Fo under the shade conditions.

Key Words : *Urtica dioica* L. subsp. dioica ;shade ;photosynthetic characteristics ;chlorophyll fluorescence parameters

异株荨麻 (*Urtica dioica*)属荨麻科荨麻属多年生草本植物 ,广泛分布于欧洲、美洲、非洲和亚洲的温带地区 ,是一种重要的药用植物 ,具有可观的药用价值 ,主要用于治疗前列腺增生、风湿性关节炎、过敏性鼻炎、皮肤疾病、高血压、心脏病、糖尿病等多种病症 ;此外还具有抗病毒、增强免疫力、美容及食疗保健等作用^[2]。国外对其药用价值的开发利用较为成熟 ,并取得了一系列专利。国内对异株荨麻开发还处于起步阶段 ,尽管在中国云南、西藏、青海和新疆等地有异株荨麻的野生种分布 ,但至今还未有其栽培品种。为充分开发异株荨麻的药用功能和经济价值 ,本文从国外引进异株荨麻种质资源 ,根据异株荨麻适于生长在较为阴暗的山坡背面^[1] ,通过对不同遮荫条件下异株荨麻光合特性和荧光参数的研究 ,以期提出合理的光照栽培生态指标 ,从而为其引种驯化、规模化栽培种植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验地概况

试验地位于北京市海淀区西北部苏家坨镇附近 ,地理坐标为北纬 39°54′ ,东经 116°28′ ,横跨海淀和门头沟两个区 ,面积 775.1 hm²。北京地处暖温带 ,属半湿润大陆性季风气候。干湿季节明显 ,春季干旱多风 ,经常持续干旱 ,夏季高温多雨 ,湿热同步 ,降水集中 ,7 月份平均气温 26 ℃ ,秋季冷暖适宜。年均温 11.8 ℃ ,植物生长期为 220 d。无霜期 193 d ,晚霜于 4 月上旬 ,早霜在 10 月中旬。北京西山属于半干旱石质山地 ,平均年降水量为 638.8 mm ,年降水变幅较大。每年 7 ~8 月份是降水量最丰富时期 ,降水次数及降水量均高于其他月份。

1.2 实验材料

实验用异株荨麻种子于 2004 年 4 月从法国 B&TWorld Seeds 公司购进 ,原产地为匈牙利多脑河地区。2004 年 5 月 28 日播种 ,7 月 16 日长至 4 ~6 片真叶时移栽于直径 15 cm 的营养钵。7 月 25 日植株长至 8 ~10 片真叶时开始用商业生产的黑色遮荫网进行遮荫处理 ,遮荫网设在离地面 0.5 m 高处 ,通过增加遮荫网的层数来调整遮荫程度 ,并用照度计精确确定。设置的遮荫程度分为 43 %、58%、73%、87% 和 97% ,并以全光照 (无遮荫网)作为对照。每种遮光条件下随机选取 30 盆幼苗作为重复 ,各处理日浇水两次 ,均在水分充足的条件下生长。供试土壤性质如表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状								
Table 1 The basic physical and chemical characteristics of soil sample								
土壤质地	pH	有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾
Soil grain		Organic matter	Total N	Total P	Total K	Efficient N	Efficient P	Efficient K
		(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
壤土 Loamy soil	8.05	16	2.73	223.9	15.8	0.62	28.85	130

1.3.1 光合日变化光响应曲线测定

采用 Li-6400 型便携式光合测定仪 ,使用开放气路于阳光充足的天气 (8 月 29 日) ,从 6 00 ~ 18 00 每隔 2 h 对不同遮荫条件下随机选取的异株荨麻连体叶片 (每处理 3 株 ,每株 3 片叶 ,每叶测 5 次 ,共 45 个重复)净光合速率 (P_n)、光合有效辐射 (PAR) 等进行测定 ,获得光合速率日变化趋势。气孔限制值 $Ls\% = (1 - C_i/C_a) \times 100\%$,其中 C_a 为空气中 CO_2 浓度^[3]。利用 LED 红蓝光源测定梯度光照强度下不同遮荫处理和全光照的净光合速率 ,绘制 P_n - PAR (光合-光响应)曲线。根据光合-光响应曲线拟合的对数方程求得光补偿点 (LCP)、光饱和点 (LSP)、暗呼吸速率 (DR) 及最大净光合速率 (MNPR)。比较不同光环境下光补偿点、光饱和点、暗呼吸速率及最大净光合速率的差异。将光合-光响应曲线在低光量子通量密度下的净光合速率做直线回归 ,求得各遮荫程度的表观量子效率 (Φ)^[4-6]。

1.3.2 叶绿素含量测定

在生长期随机选取不同遮荫处理下的异株荨麻叶片 ,采用 80% 丙酮提取叶绿素 ,并使用 UV-2000 型分光光度计测定^[7]。

1.4 叶绿素荧光参数测定

使用便携式 PEA KM K II 型植物效能仪于晴朗天气 8 00 ~ 18 00 每隔 2 h 测定 1 次 ,测定全光及遮荫处理下异株荨麻叶绿素荧光参数。预处理光强为 $2300\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,暗处理时间为 30 min。测定指标包括固定荧光 (F_0)、最大荧光产量 (F_m)、可变荧光 (F_v)、PSII 内禀光能转化效率 (F_v/F_m) 以及潜在活性 (F_v/F_0) 等。

2 结果与分析

2.1 遮荫对光合-光响应曲线的影响

异株荨麻经遮荫处理后对光强的响应与全光照 (对照)基本一致 ,光合速率随光强上升而升高 ,超过一定范围后 ,均有降低的趋势 ,表明异株荨麻不耐强光。应用对数模型对光响应数据进行拟合 ,回归方程见表 1 ,趋势线如图 1 所示 ,所有遮荫处理随着遮荫程度的提高整个曲线依次比对照低 ,在不同光强下其光合速率均依次低于全光照的。

异株荨麻的光补偿点和光饱和点均较低 ,遮荫程度对其光补偿点、光饱和点、最大净光合速率和暗呼吸速率均有显著的影响 (表 1 ,图 1)。随着遮荫程度的提高 ,光补偿点、光饱和点、最大净光合速率和暗呼吸速率均依次降低。其中 ,遮荫 97% 时光补偿点比全光照条件下降低了 80.1% ,光饱和点降低了 83.3% ,暗呼吸速率降低了 75.9%。这表明 ,异株荨麻在弱光环境下 ,可大幅降低光补偿点、光饱和点提高对弱光的利用能力并降低呼吸消耗 ,以维持植株正常生长从而对弱光环境表现出了极强的适应能力。

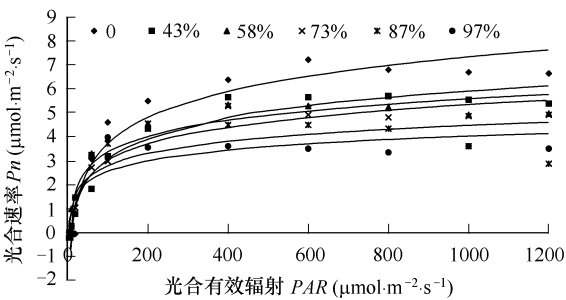


图 1 异株荨麻光合-光响应曲线

Fig. 1 Net photosynthetic rate-light response curves in leaves of *Urtica dioica* L.

表 2 异株荨麻光合-光响应曲线回归方程

Table 2 Photosynthetic characteristics and regression equation of net photosynthetic rate and light response of leaves of <i>Urtica dioica</i>							
遮荫程度 (%) Shade degree	暗呼吸速率 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) DR	最大净光合速率 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) MNPR	光补偿点 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) LCP	光饱和点 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) LSP	回归方程 Regression equation	R	P
0	1.49 ± 0.02	7.23 ± 0.24	20	600	$Y = 1.5855\ln(X) - 3.6175$	0.943	0.0001
43	0.67 ± 0.05	5.65 ± 0.51	11	400	$Y = 1.232\ln(X) - 2.6157$	0.979	0.0000
58	0.58 ± 0.01	5.34 ± 0.17	8	400	$Y = 0.9628\ln(X) - 1.0832$	0.964	0.0000
73	0.54 ± 0.04	5.29 ± 0.62	6	400	$Y = 1.0115\ln(X) - 1.6716$	0.974	0.0000
87	0.54 ± 0.01	4.56 ± 0.33	5	200	$Y = 0.7356\ln(X) - 0.6036$	0.837	0.0013
97	0.36 ± 0.01	3.97 ± 0.15	4	100	$Y = 0.6404\ln(X) - 0.4086$	0.860	0.0007

为进一步研究异株荨麻的光能利用效率,对在低光量子通量下的光合速率进行回归分析,结果表明(表3),最大表观量子效率随遮荫程度的增加并无明显下降,且遮荫程度大于73%时,光合量子效率还高于全光照条件下的。这表明,异株荨麻在荫生环境下,捕获光量子用于光合作用的能力较强。

表3 异株荨麻表观量子效率及回归方程

遮荫程 (%) Shade degree	表观量子效率 (Φ) apparent quantum efficiency	弱光范围 (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹) Range of PAR	回归方程 Regression equation	R ²
0	0.0586	20 ~ 100	Y = 0.0586X - 0.985	0.962
43	0.0567	10 ~ 76	Y = 0.0567X - 0.112	0.988
58	0.0536	5 ~ 60	Y = 0.0536X + 0.175	0.937
73	0.0598	5 ~ 75	Y = 0.0598X - 0.126	0.985
87	0.0589	5 ~ 60	Y = 0.0589X - 0.186	0.965
97	0.0594	5 ~ 60	Y = 0.0594X - 0.217	0.968

2.2 遮荫对净光合速率日变化的影响

异株荨麻光合速率日变化曲线在本实验条件下呈单峰型(图2),没有“午休”现象,各处理均在12 00 ~ 14 00 出现光合高峰。各遮荫处理的光合高峰值和日平均光合速率均随着遮荫程度的提高而下降。全光条件下的光合高峰值最高(14.67 μmol·m⁻²·s⁻¹),其日平均光合速率也最高(8.55 μmol·m⁻²·s⁻¹)。随遮荫程度的递增日平均光合速率依次递减(图3),日平均光合速率与平均光合有效辐射的比值依次上升,遮荫97%处理的比值较全光照下提高了19倍。这表明,异株荨麻对弱光环境的适应能力和利用弱光的能力很强。

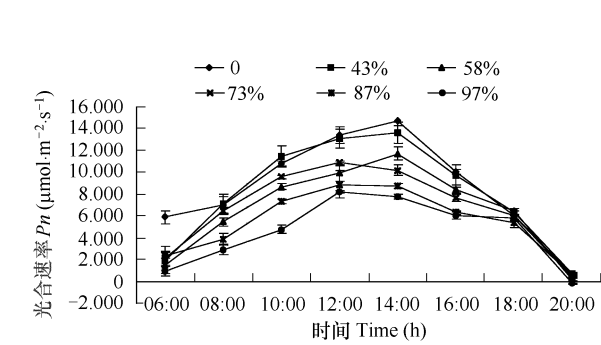


图2 遮荫对异株荨麻净光合速率日变化的影响
Fig. 2 Effects of shades on the diurnal variations of net photosynthetic rate in leaves of *Urtica dioica* L. subsp. dioica

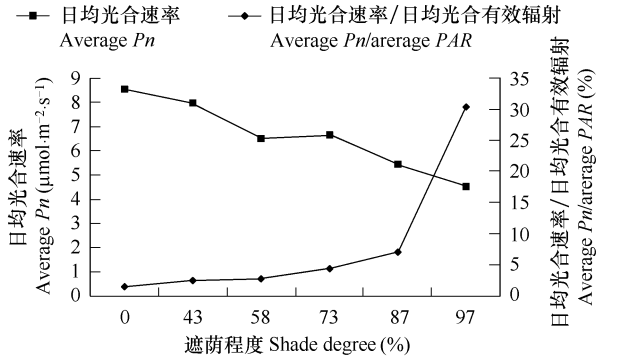


图3 遮荫对异株荨麻日平均光合速率和光能利用率的影响
Fig. 3 Effects of shades on average diurnal net photosynthetic rate of *Urtica dioica* L. subsp. dioica leaves

2.3 遮荫对蒸腾速率及气孔导度日变化的影响

异株荨麻蒸腾速率的日变化曲线呈明显的单峰形,各处理均在12 00左右出现最高峰(图4)。遮荫对异株荨麻蒸腾作用有明显影响,遮荫后蒸腾速率较全光照处理明显降低,并随遮荫程度提高,这种降低趋势越来越明显。全光照下日平均蒸腾速率为2.78 mmol·m⁻²·s⁻¹,遮荫程度从43%~97%条件下,日平均蒸腾速率依次比全光照下降28.8%、49.6%、54.0%、58.6%和62.6%。日平均蒸腾速率(y)与遮荫度(x)之间存在明显的负相关性: $y = 3.828 - 0.0295x$ ($R^2 = 0.905$, $P < 0.05$)。

气孔导度对环境因子的变化十分敏感,凡是影响植物光合作用的各种因素都可能对气孔导度造成影响。异株荨麻气孔导度日变化与光合、蒸腾速率的日变化趋势基本一致,也呈单峰型曲线,无午休现象并在正午左右达到高峰,午后逐渐下降(图5)。遮荫条件下,气孔导度明显下降,遮荫程度越高,气孔导度越低。日平均气孔导度(y)与遮荫程度(x)存在明显的负相关性: $y = 0.158 - 0.001x$ ($R^2 = 0.944$, $P < 0.05$)。

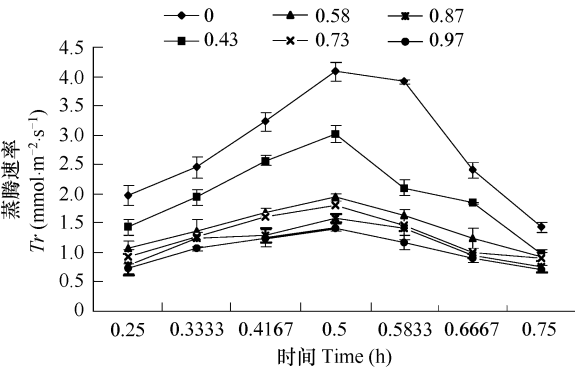


图4 遮荫对异株荨麻蒸腾速率日变化的影响

Fig. 4 Effects of shades on diurnal variations of transpiration rate in leaves of *Urtica dioica* L.

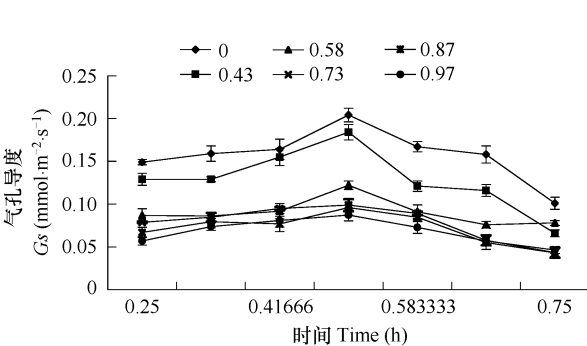


图5 遮荫对异株荨麻气孔导度日变化的影响

Fig. 5 Effects of shade on diurnal variations of stomatal conductance in leaves of *Urtica dioica* L.

进一步比较异株荨麻在不同遮荫条件下的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度之间的关系(表3),结果表明,全光照条件下光合速率与蒸腾速率呈显著正相关($R^2 = 0.879$ $P < 0.05$),但在遮荫条件下光合速率与蒸腾速率之间相关性不显著($P > 0.05$)。气孔导度与蒸腾速率在所有光照条件下均呈显著正相关($P < 0.05$),但遮荫程度对其相关系数的大小影响不大。尽管气孔导度与净光合速率、蒸腾速率之间存在平行的变化趋势,但气孔导度与光合速率在所有光照条件下都不存在明显的相关性($P > 0.05$)。根据 Farquhar 和 Sharkey 的观点,只有当光合速率和胞间 CO_2 浓度变化方向相同,且气孔限制值增大,才可认为光合速率的下降主要由气孔因素引起^[8]。表4数据可见,在不同遮荫条件下,净光合速率与胞间 CO_2 浓度并无相同变化趋势,且气孔限制值先增大后减小,说明在遮荫条件下气孔导度并不成为净光合速率的制约因素。这种现象也出现在其他一些耐荫植物中^[8~11]。

表3 遮荫条件下异株荨麻净光合速率、蒸腾速率以及气孔导度间的相关性

Table 3 The correlation among net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance in leaves of *Urtica dioica* L. under shade conditions

遮荫程度(%) Shade degree	光合速率与蒸腾速率 P_n to T_r	光合速率与气孔导度 P_n to G_s	气孔导度与蒸腾速率 G_s to T_r
0	$R^2 = 0.879$ $P = 0.0018$	$R^2 = 0.512$ $P = 0.0628$	$R^2 = 0.748$ $P = 0.0122$
43	$R^2 = 0.557$ $P = 0.0541$	$R^2 = 0.201$ $P = 0.3137$	$R^2 = 0.853$ $P = 0.0030$
58	$R^2 = 0.574$ $P = 0.0907$	$R^2 = 0.497$ $P = 0.4261$	$R^2 = 0.857$ $P = 0.0231$
73	$R^2 = 0.558$ $P = 0.0505$	$R^2 = 0.186$ $P = 0.2920$	$R^2 = 0.815$ $P = 0.0167$
87	$R^2 = 0.391$ $P = 0.0529$	$R^2 = 0.010$ $P = 0.5117$	$R^2 = 0.884$ $P = 0.0350$
97	$R^2 = 0.370$ $P = 0.1890$	$R^2 = 0.106$ $P = 0.4756$	$R^2 = 0.867$ $P = 0.0005$

2.4 遮荫对异株荨麻叶绿素含量的影响

异株荨麻叶片叶绿素含量在遮荫条件下普遍上升,除遮荫度43%时叶绿素a含量与全光照无显著差异外,其余遮荫条件下总叶绿素、叶绿素a、叶绿素b含量均显著高于全光照条件下的($P < 0.05$),且随遮荫度的提高叶绿素含量呈上升趋势。而叶绿素a/b的值变化则呈相反的趋势,即随着遮荫程度的提高而呈下降趋势(表5)。这表明,随着遮荫程度的提高,异株荨麻叶绿素含量的增加主要体现为叶绿素b的含量增加,遮荫更有利于促进异株荨麻叶片中叶绿素b的合成。而叶绿素b在蓝紫光部分的吸收带较宽,耐荫植物利用蓝紫光以利遮荫处生长^[12],这也是异株荨麻处于光胁迫环境下所形成的一种生理适应,以使其更耐弱光,尽可能地吸收较多的光能,供光合作用需要。

表4 遮荫对异株荨麻净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度、气孔限制值的影响

Table 4 Effects of shades on net photosynthetic rate ,stomatic conductance , intercellular CO₂ concentration and stomatal limitation value of *Utica dioica* L. leaves

遮荫度 (%) Shade degree	光合速率 (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) <i>P_n</i>	胞间 CO ₂ 浓度 (μl·L ⁻¹) <i>C_i</i>	气孔导度 (mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) <i>G_s</i>	气孔限制值 (%) <i>L_s</i>
0	10.794 ± 0.255	249.889 ± 12.911	0.164 ± 0.019	32.834 ± 0.033
43	11.457 ± 0.314	238.614 ± 14.618	0.155 ± 0.021	36.031 ± 0.025
58	8.644 ± 0.131	217.439 ± 33.679	0.0918 ± 0.015	42.495 ± 0.047
73	9.586 ± 0.479	202.000 ± 5.202	0.0948 ± 0.009	46.384 ± 0.016
87	7.343 ± 0.322	212.783 ± 16.827	0.081 ± 0.011	43.843 ± 0.027
97	4.756 ± 0.287	274.433 ± 19.204	0.079 ± 0.008	28.015 ± 0.018

注 此表为异株荨麻上午 10 点各项指标数据 The date in table were obtained at 10 00 Am

表5 遮荫条件下异株荨麻叶绿素含量及比值的影响

Table 5 Effects of shades on chlorophyll content and proportion in leaves of *Utica dioica*

遮荫度 (%) Shade degree	总叶绿素 (mg/g) Total Chl	叶绿素 a (mg/g) Chl. a	叶绿素 b (mg/g) Chl. b	叶绿素 a/叶绿素 b (mg/g) Chl. a/Chl. b
全光照	2.117 ± 0.004 f	1.532 ± 0.004 d	0.586 ± 0.003 f	2.613 ± 0.018 a
43	2.229 ± 0.018 e	1.576 ± 0.014 d	0.653 ± 0.004 e	2.414 ± 0.010 bc
58	2.700 ± 0.041 d	1.920 ± 0.050 c	0.780 ± 0.019d	2.467 ± 0.110 b
73	3.166 ± 0.061 c	2.220 ± 0.061 b	0.946 ± 0.010 c	2.347 ± 0.072 bcd
87	3.325 ± 0.036 b	2.230 ± 0.035 b	1.020 ± 0.008 b	2.259 ± 0.039 bcd
97	3.754 ± 0.025 a	2.583 ± 0.022a	1.171 ± 0.006a	2.207 ± 0.019 d

表中数据为平均数 ± 标准差 ,数据后有不同字母表示差异显著 (*P* < 0.05) The data in the table are presented as mean ± SD ; the means in the same column followed by different letters are significantly different (*P* < 0.05)

2.5 遮荫对异株荨麻叶绿素荧光参数的影响

叶绿素荧光参数可反映光合机构内一系列重要的调节过程^[3]。08 :00 ~ 18 :00 异株荨麻的 F_v/F_m 和 F_v/F_o 日动态变化均呈“单谷”曲线 (图 6 ,图 7) , 且与光强的日变化有对应关系 ,在 12 :00 左右光强最高时 F_v/ F_m 和 F_v/F_o 下降最多 ,说明存在光抑制现象。不同遮荫程度对 F_v/ F_m 和 F_v/F_o 均有显著的影响 ,表现为随着遮荫程度的提高 ,F_v/ F_m 和 F_v/F_o 值均依次上升 ,说明异株荨麻光反应中心 PS II 的光化学效率和潜在活性随遮荫度的提高而上升。

3 讨论

植物光补偿点和饱和点的高低直接反映了植物对弱光的利用能力 ,是植物耐荫性评价的重要指标。某种植物的光补偿点越低 ,越能在弱光条件下顺利进行光合作用 ,开始有机物质的正向增长 ,光饱和点低则表明植物光合作用速率随光量子通量的增大很快达到最大效率。因此 ,较低的光补偿点使植物在有限的光条件下能以最大能力利用低光量子密度 ,进行最大可能的光合作用 ,从而提高有机物质的积累 ,满足其生存生长的能量需要。异株荨麻的光补偿点和光饱和点均较低 ,这表明异株荨麻对弱光能的利用能力较强 ,对强光不能很好地利用 ,是一种耐荫植物。

量子效率是指光合作用机构每吸收 1 mol 光量子后光合释放的 O₂ 摩尔数或同化 CO₂ 的摩尔数^[4,6] ,Lee 等^[4]和 Osborne 等^[15]的研究认为耐荫植物具有较高表观量子效率 ,自然状态下捕获光量子用于光合作用的能力较强 ,叶片光合的量子效率通常在 0.02 ~ 0.05。异株荨麻在自然光照条件下的量子效率接近 0.06 ,随遮荫度增加量子效率并无明显下降 ,且遮荫程度大于 73% 时 ,光合量子效率还高于全光照条件下的。尽管随着遮荫程度的增加异株荨麻日平均光合速率递减 ,但日平均光合速率与平均光量子通量的比值却持续增加 ,暗呼吸速率随遮荫度增加而显著下降 ,全光照条件下的暗呼吸速率为遮荫 97% 处理的 4.15 倍。这说明异株荨麻在荫生环境下 ,捕获光量子用于光合作用的能力得到增强并可大幅降低呼吸消耗 ,以维持植株正常生长。

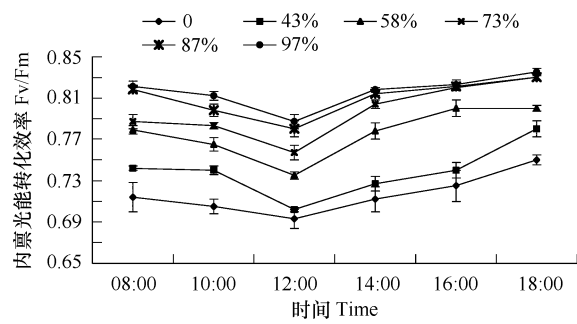


图6 遮荫对异株荨麻荧光参数 F_v/F_m 日变化的影响
Fig. 6 Effects of shade on the diurnal variations of F_v/F_m in leaves of *Urtica dioica* L.

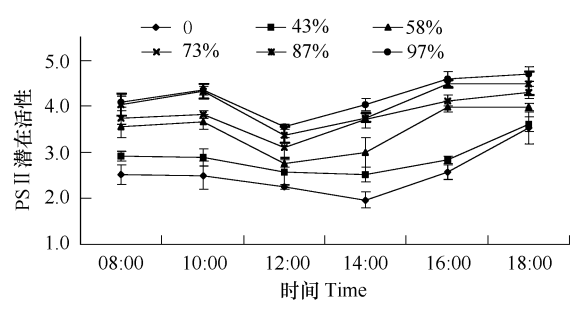


图7 遮荫对异株荨麻荧光参数 F_v/F_o 日变化的影响
Fig. 7 Effects of shade on the diurnal variations of F_v/F_o in leaves of *Urtica dioica* L.

叶绿素是光合作用的光敏催化剂,与光合作用密切相关,其含量和比例是植物适应和利用环境因子的重要指标。叶绿素重要的性质是能选择性的吸收光,叶绿素中的两个主要成分叶绿素 a 和叶绿素 b 有不同的吸收光谱。叶绿素 a 在红光部分的吸收带偏向长光波方面,叶绿素 b 则在蓝紫光部分的吸收带较宽。因此,叶绿素 b 的含量相对提高 (a/b 值减小)可使植物提高蓝紫光的利用效率^[2,16],适应于遮荫处生长。同时研究表明,对耐荫植物的适度遮荫可使植物单位叶面积的叶绿素含量增加。一般说来,叶绿素含量高、叶绿素 a/b 比值小的植物具有较强的耐荫性。遮荫条件下,叶绿素 a + b、叶绿素 b 均增加,叶绿素 a/b 值降低,是植物利用弱光能力强的判断指标^[17,18]。本实验结果表明,遮荫条件下异株荨麻叶片总叶绿素、叶绿素 a、叶绿素 b 含量均显著高于全光照的,且随遮荫度增加叶绿素含量呈上升趋势,而叶绿素 a/b 的值则随着遮荫程度的提高而下降。这表明,异株荨麻对遮荫环境有较强的适应能力。

叶绿素荧光参数 F_v/F_m 、 F_v/F_o 是研究植物光合生理状态的重要参数, F_v/F_m 是指开放的 PS II 反映中心捕获激发能的效率,即内禀光化学效率。 F_v/F_o 表示光反应中心 PS II 的潜在活性。对任何一种植物来说,最大的光能转化效率并不意味着最大的光合速率。这与低光强下几乎所有的激发能被光合电子所利用,有较大的表观电子传递速率值相符。所以 F_v/F_m 的日变化曲线与 P_n 变化相反,呈“单谷”曲线型。这主要因为光强较弱的早晨及傍晚,叶片吸收的光能最大限度的用于光化学反映,随着光强的增加,叶片把光能较多的分配到热耗散。一天中,中午时分虽然分配到光化学反应的能量比例减少,但中午吸收的光强最多,所以光反应速度最大。异株荨麻 F_v/F_m 和 F_v/F_o 日变化均呈“单谷”曲线,且随着遮荫程度的提高, F_v/F_m 和 F_v/F_o 值均依次上升,进一步表明异株荨麻具有很强的耐荫性。

References :

[1] Institute of plant Chinese academy of sciences eds. Illustrated handbook of altitude plant China. Beijing :Science Press ,2001 ,166.
[2] Liu Y Q ,Sun X Y. The biological active compounds and utilization of the stinging nettle *Urtica dioica*. Foreign Medical Science :TCM Section , 2005 27 (3) :144 — 148.
[3] Zou Q. Studies on physiology and ecology of crops drought resistance. Jinnan :Shandong Science Press ,1994.155 — 162 ,188 — 194.
[4] Yu S W. Plant physiology and molecular biology. Beijing :Science Press ,1992.
[5] Osborne B A ,Raven J A. Light absorption by plants and its implications for photosynthesis . Bio. Rev. ,1986 ,61 :1 — 61.
[6] Xu D Q. Non-uniform stomatal closure and Non-stomatal limitation of photosynthesis. Plant Physiology Communications ,1995 ,31 (4) :246 — 252.
[7] Zou Q. Experiment instruction of plant physiology and chemistry. Beijing :Chinese Agriculture Press ,1995.
[8] Farquhar S P ,Sharkey T D. Stomatal conductance-and-photosynthesis. Ann Rev Plant Physi ,1982 ,33 :317 — 345.
[9] Xu D Q ,Li D Y ,Qiu G X ,et al . Studies on stomatal limita of photosynthesis in the bamboo (*Phyllostachys pubscens*) leaves. Acta Phytophysiol Sin. ,1987 ,13 (2) :154 — 160.
[10] Tao H Z. Studies on the diurnal variations of the photosynthesis of tea plant (*Camellia sinensis*) . Acta Agron Sin. ,1991 ,17 (6) :444 — 452.

[11] Huang C L ,Wu Z M ,YaoY K , *et al* . Photosynthetic characteristics of *Gynostemma pentaphyllum* under shade. Chin. J. Appl. Ecol. ,15 (11) : 2099 — 2103.

[12] Boardman N K. Comparative photosynthesis of sunand shade plants. Annual Review of Plant Physiology ,1977 ,28 :355 — 377.

[13] Wu H ,Zhang S Y ,Xu D Q , *et al* , Diurnal and seasonal variation of non-photochem icalquenching of chlorophyll fluorescence in sweet viburnum leaves. Acta Phytophy Siol Sin. , 1997 ,23 (2) :145 — 150.

[14] Lee D W ,Bone R A ,Tarsis S L , *et al* . Correlates of leaf optical properties in tropical forest sun and extreme 2 shade plants. Amer. J. Bot. , 1990 77 (3) :370 — 380.

[15] Bjorkman O , Holmgren P. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shaded habitat. Physiol. Plantarum. ,1963 ,16 (4) :889 — 914.

[16] Goodwin T W ,The biochemistry of Carotenoids. Plant ,Chapman and Hall ,1980 5 (1) 529.

[17] Abram M D. Leaf structural and photosynthetic pigments characteristics of tree gallery forest hardwood species in Northeast Kansas. For Ecol. Manage ,1987 ,22 :261 — 266.

[18] Li J C ,Su S M. Preliminary study on the shade tolerance of *Hemerocallis citrina* plant. Acta Ecologica Sinica ,1994 ,14 (4) :444 — 446.

参考文献：

[1] 中国科学院植物研究所主编. 中国高等植物图鉴(补编第一册). 北京 科学出版社 2001. 166.

[2] 刘悦秋,孙向阳. 异株荨麻的活性成分及开发利用. 国外医学中医中药分册 2005 ,27 (3) :144 ~ 148.

[3] 邹琦. 作物抗旱生理生态研究. 济南 山东科学技术出版社 ,1994. 155 ~ 162 ,188 ~ 194.

[4] 余叔文. 植物生理与分子生物学. 北京 科学出版社 ,1992.

[6] 许大全. 气孔的不均匀关闭与光合作用的非气孔限制. 植物生理学通讯 ,1995 ,31 , (4) :246 ~ 252.

[7] 邹琦. 植物生理生化实验指导. 北京 中国农业出版社 ,1995.

[9] 许大全,李德耀,邱国雄,等. 毛竹 (*Phyllostachys pubescens*)叶光合作用的气孔限制研究. 植物生理学报 ,1987 ,13 (2) :154 ~ 160.

[10] 陶汉之. 茶树光合日变化的研究. 作物学报 ,1991 ,17 (6) :444 ~ 452.

[11] 黄成林,吴泽民,姚永康,等. 遮荫条件下绞股蓝光合作用特点的研究. 应用生态学报 ,15 (11) :2099 ~ 2103.

[13] 武海,张树源,许大全,等. 珊瑚树叶片叶绿素荧光非光化学猝灭的日变化和季节变化. 植物生理学报 ,1997 ,23 (2) :145 ~ 150.

[18] 李军超,苏陕民. 黄花菜耐阴特性的初步研究. 生态学报 ,1994 ,14 (4) :444 ~ 446.