

# 不同光照条件下两种卷柏光合特征日变化研究

李慧英<sup>1</sup>, 周广柱<sup>1</sup>, 李智辉<sup>1</sup>, 刘东琳<sup>1</sup>, 李林蔓<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 朝阳市双塔区农村经济局, 辽宁 朝阳 122000)

**摘要:**以卷柏和圆枝卷柏为试材, 研究其叶片在不同光照强度下(不遮光(对照 CK; 透光率 100%)、单层遮光(透光率 70%)、双层遮光(透光率 50%)、三层遮光(透光率 20%)) 的光合特性。结果表明: 2 种卷柏在不遮光与单层遮光条件下, 净光合速率高于其它 2 种处理; 卷柏净光合速率日变化为双峰曲线, 具有明显的午休现象, 而圆枝卷柏的午休现象不明显。从午休恢复程度看, 卷柏对光照的适应性要广于圆枝卷柏。叶片叶绿素总含量及比叶质量的变化进一步证明了此论点。

**关键词:**卷柏; 圆枝卷柏; 净光合速率; 光合特征

**中图分类号:**S 791.44 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)05-0074-04

卷柏属植物是蕨类植物门石松亚门中最大的一属。全世界约有 700 种, 我国约有 60 种。卷柏属植物广泛分布于世界各地, 主要分布在热带及亚热带地区, 多生长于林中潮湿的地方; 但有些种能耐干旱, 有些可生长于寒冷气候地区, 有些甚至可以生长在裸岩边缘, 生长习性具有极大的差异<sup>[1]</sup>。卷柏和圆枝卷柏为卷柏科(Selaginellaceae) 卷柏属(*Selaginella*) 的多年生草本植物。通常生于山谷或溪边向阳的岩石上, 是比较耐旱的植物<sup>[2]</sup>。目前国内对卷柏属植物的研究大多集中在药用价值、分类学、大孢子和小孢子的形态等方面, 国外的研究大多集中于基因等方面, 但对卷柏植物光合生理方面的研究很少。现通过对遮光条件下 2 种卷柏叶绿素、比叶质量、叶片含水量及光合特征日变化进行研究, 探讨光照强度对 2 种卷柏光合特征的影响, 为了解卷柏植物的光合特征及适宜的光生长环境提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为卷柏(*Selaginella tamariscina*) 和圆枝卷柏(*Selaginella sanguinolenta*), 2011 年 3 月取自辽宁省本镇县, 栽培土壤按园土、细沙=3:1 进行配比, 将植株种植在直径为 12 cm 的花盆中。

### 1.2 试验方法

试验在沈阳农业大学植物园温室内进行, 5 月 1 日

**第一作者简介:**李慧英(1984-), 女, 在读硕士, 研究方向为园林植物生理生态与栽培。E-mail:ying88888.ok@163.com。

**责任作者:**周广柱(1964-), 男, 硕士, 教授, 硕士生导师, 现主要从事园林植物生理生态及栽培教学与研究工作。E-mail:zhouguan-gzhu@sina.com。

**基金项目:**辽宁省交通厅资助项目(200612)。

**收稿日期:**2011-11-29

起选择生长良好、长势基本一致的植株进行处理。设不遮光(对照 CK; 透光率 100%)、单层遮光(透光率 70%)、双层遮光(透光率 50%)、三层遮光(透光率 20%) 4 个光照处理。3 次重复, 每重复 6 株。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 叶绿素含量** 叶绿素含量参照李合生等<sup>[3]</sup>的乙醇提取法测定。

**1.3.2 比叶质量** 随机取 10 枚叶片, 用扫描仪扫描为数字图片, 采用 Image J 软件计算出叶面积, 再测定叶片烘干质量, 比叶质量=烘干质量/叶面积<sup>[4]</sup>。用一定面积的打孔器, 在成熟叶片上避开主叶脉, 打下 10 个叶圆片, 先称鲜重, 然后在 105℃下杀青, 80℃烘至恒重, 电子天平称重, 即可计算出比叶质量(SLFW, 单位面积干重)和叶片含水量<sup>[5]</sup>。

**1.3.3 光合指标的测定** 采用美国 Li-6400 的标准叶室测定光合作用日变化。于 2011 年 9 月 11~13 日晴天时进行, 测定时间为 7:00~17:00, 每隔 2 h 测定叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)。取 3 d 的测定值的平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光照强度对叶片光合色素及比叶质量的影响

由表 1 可知, 在遮光条件下, 卷柏与圆枝卷柏的叶绿素总含量(Chl)是随着透光率的降低而上升的。2 种试验材料的叶绿素 a/b 变化是一致的, 均随透光率的降低而降低。卷柏与圆枝卷柏的叶片含水量随透光率的降低而增加, 且圆枝卷柏的叶片含水量随透光率变化不明显。2 种卷柏的比叶质量均随着透光率的降低而降低, 这是叶片对弱光照在形态上的典型反应, 它可以提高叶片中同化组织的比例, 有助于通过降低暗呼吸而提

表1 不同光照强度下2种卷柏总叶绿素含量、a/b含量比值、比叶质量

Table 1 Total chlorophyll content, specific leaf fresh weight in different light intensity leaves of 2 species of *Selaginella* plants

试验材料 Plants	透光率 Light transmittance/%	总叶绿素含量 Total chl /mg·g <sup>-1</sup> FW	Chl a/b content/%	叶片含水量 Water content/%	比叶质量 SLFW /g·cm <sup>-2</sup>
卷柏 <i>Selaginella tamariscina</i>	100	1.63	2.31	52	0.078
	70	1.68	2.26	58	0.063
	50	1.74	2.23	59	0.059
圆枝卷柏 <i>Selaginella sanguinolenta</i>	20	1.77	2.21	66	0.055
	100	1.42	1.60	50	0.068
	70	1.43	1.54	53	0.062
	50	1.48	1.54	57	0.065
	20	1.53	1.37	59	0.061

高净碳同化量,以适应低光照<sup>[3]</sup>。

## 2.2 不同光照条件下卷柏与圆枝卷柏光合特征日变化

2.2.1 卷柏光合特征日变化 由图 1-A 可知,卷柏在不遮光条件下净光合速率(Pn)日变化为单峰曲线,高峰值出现在 9:00、13:00 时净光合速率最低,有一定的午休现象,且 13:00 以后净光合速率恢复比较快。单层遮光条

件下,净光合速率日变化为双峰曲线,第 1 个峰值出现在 9:00,第 2 个峰值出现在 15:00,且第 1 个峰值比第 2 个峰值要高。9:00 时净光合速率比不遮光下大,有一定的午休现象,午休程度浅于不遮光;双层遮光条件下,净光合速率(Pn)日变化为单峰曲线,净光合速率比不遮光下低。三层遮光下的净光合速率日变化与双层遮光的变化趋势基本一致,只是净光合速率明显比较低。由此可见,限制卷柏净光合速率的因子是光照强度。由图 1-B 可知,不遮光条件下,蒸腾速率(Tr)在 9:00 达到最大,之后一直呈现下降趋势;而在单层和三层遮光条件下,蒸腾速率变化趋势基本保持一致;双层遮光下,蒸腾速率在 11:00 达到最大,且在 15:00 时高于其它遮光条件。遮光条件下,蒸腾速率均在 13:00 时比较低,此时可能是部分气孔关闭。由图 1-C 可知,胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)在 9:00 时下降比较多,之后基本呈缓慢上升趋势,与气孔导度的变化趋势相反;在不遮光条件下,Ci 在光合午休时(13:00)达到最高值。从总体来看,卷柏的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度没有随气孔导度的降低(图 1-D)而减少,该点与 Franqhar 等<sup>[4]</sup> 研究结果基本一致。

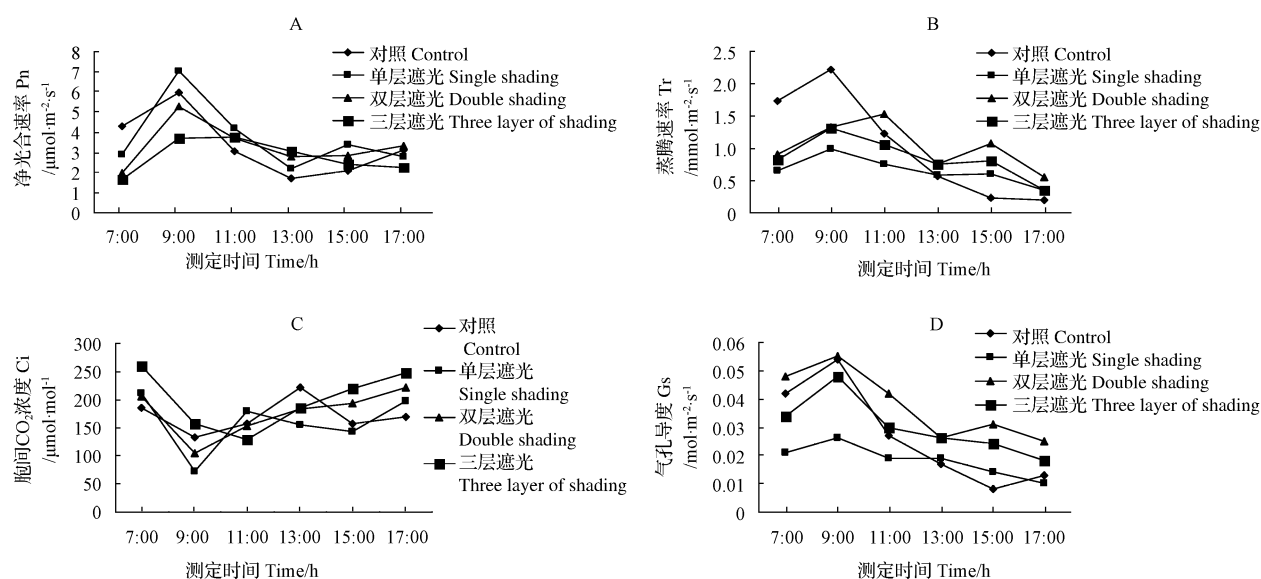


图1 不同光照强度下卷柏光合特征日变化

Fig. 1 Diurnal photosynthetic changes in *Selaginella tamariscina* at different light densities

2.2.2 圆枝卷柏光合特征日变化 由图 2-A 可知,不遮光条件下圆枝卷柏净光合速率日变化呈先上升后下降的趋势。上午 9:00 达到最大值,之后一直下降,直至下午 15:00 后才开始有所回升,回升比较缓慢;没有明显的午休现象。单层遮光下,圆枝卷柏午间净光合速率下降幅度最小。双层、三层遮光下,净光合速率明显低于不遮光与单层遮光,而且变化幅度较小。由图 2-B 可知,蒸腾速率(Tr)均是在上午 9:00 达到最大,之后开始下降。在单层和双层遮光下,蒸腾速率变化基本保持一致,而在 15:00 时,双层遮光下的蒸腾速率(Tr)高于其它处理,

与气孔导度(图 2-D)的变化趋势相同。由图 2-C 可知,不遮光条件下,圆枝卷柏的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度变化幅度较大,而在遮光条件下从 9:00~15:00 基本达到平稳的状态。净光合速率 Pn 在 9:00~15:00 逐渐降低,而胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)却升高。

## 3 讨论与结论

植物对光照的适应性,也可以反映在叶片叶绿素的变化上。通常情况下,遮光下生长的叶片与不遮光条件下相比,叶绿素 Chl(a+b)总含量、Chl a/b、叶片含水量、

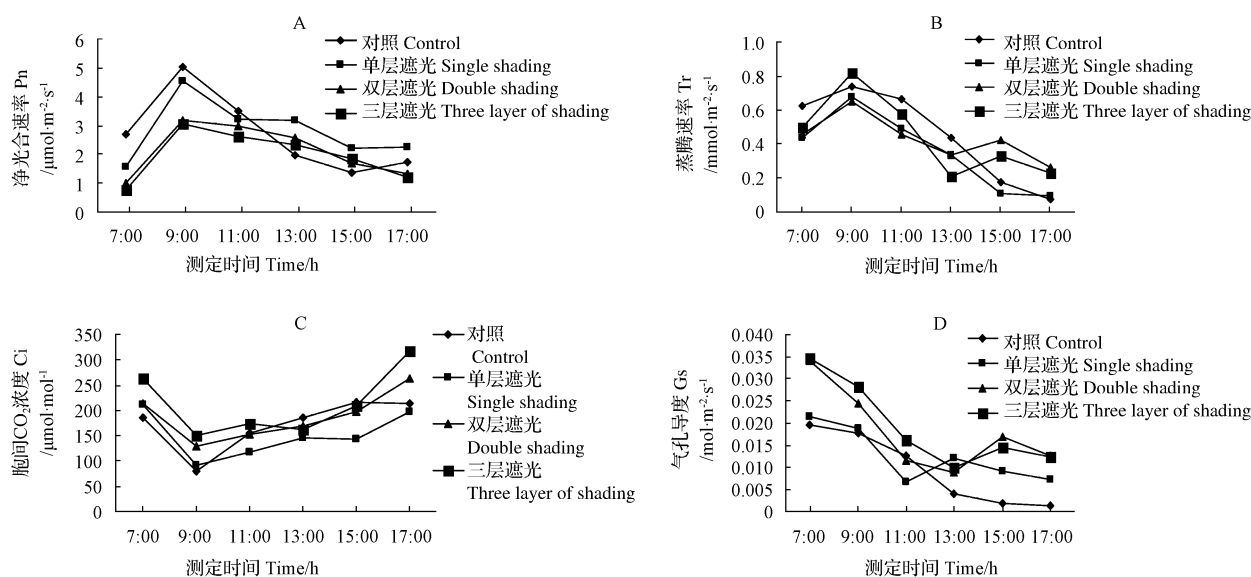


图2 不同光照强度下圆枝卷柏光合特征日变化

Fig.2 Diurnal photosynthetic changes in *Selaginella sanguinolenta* at different light densities

比叶质量都有一定的差异。适当的遮光使2种卷柏叶绿素含量增加,其中,卷柏的叶绿素含量变化幅度较圆枝卷柏大,也可以说明卷柏适应光照强度范围要比圆枝卷柏广。卷柏与圆枝卷柏叶绿素 Chl a/b 随着遮光程度的加深而降低,一般情况下,比较耐荫的植物在适度遮荫条件下,通过降低 Chl a/b 来提高捕获光照的能力,从而适应低光照或者较弱光照<sup>[6]</sup>。卷柏与圆枝卷柏随光照强度的增加叶片含水量逐渐降低,而圆枝卷柏叶片含水量降低幅度较卷柏小,由此可以推测圆枝卷柏的保水能力强于卷柏。随着遮光程度的加深,卷柏与圆枝卷柏的比叶质量逐渐降低,说明一定程度的遮光会影响卷柏与圆枝卷柏干物质的积累,从而影响其生长。

在不遮光条件下,卷柏光合日变化曲线为单峰曲线,且峰值出现在9:00。相比较而言,上午净光合速率为卷柏高于圆枝卷柏。在单层遮光下,卷柏的光合日变化曲线为双峰曲线,第1个峰值出现在9:00,第2个峰值出现在15:00,且第1个峰值比第2个峰值高近50%,最低值出现在13:00。而圆枝卷柏的光合日变化呈先上升后下降的趋势,净光合速率最高值出现在9:00,最低值出现在15:00。在双层及三层遮光条件下,卷柏与圆枝卷柏光合曲线为单峰曲线,净光合速率明显低于不遮光与单层遮光下的。

从不遮光下光合日变化来看,卷柏的净光合速率比同时刻圆枝卷柏的要大。从光合午休程度来看,不遮光条件下,卷柏出现了明显的午休现象,圆枝卷柏的午休现象不太明显。且卷柏的恢复程度较快,以上几点可以推测卷柏的光合能力要比圆枝卷柏的好。因此在以后应用园林植物进行配置过程中,应考虑其光合能力的差异,进行合理配置。卷柏适应光照能力的范围更广些,可以配置于光线强处,也可以在荫蔽处生长。

### 参考文献

- [1] 赵迎春,刘全儒,张宪春. 中国卷柏科植物的研究—卷柏属孢子囊分布规律的初步观察[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2001, 17(1): 105-110.
- [2] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [4] 李蟠,孙玉芳,王三根,等. 贡嘎山地区不同海拔冷杉比叶质量和非结构性碳水化合物含量变化[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 8-12.
- [5] Franquar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Ann. Rev. Plant Physiol, 1982, 33: 317-345.
- [6] Murchie E H, Horton P. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference [J]. Plant, Cell and Environment, 1997, 20: 438-448.

## Diurnal Photosynthetic Changes of Two *Selaginella* Species Under Different Light Circumstances

LI Hui-ying<sup>1</sup>, ZHOU Guang-zhu<sup>1</sup>, LI Zhi-hui<sup>1</sup>, LIU Dong-lin<sup>1</sup>, LI Lin-man<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. Chaoyang City Twin Towers Area Rural Economy Bureau, Chaoyang, Liaoning 122000)

# NaHCO<sub>3</sub>胁迫对两种滨藜叶解剖结构的影响

张新学<sup>1</sup>, 毛桂莲<sup>2</sup>, 许兴<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学 生命科学学院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:**以四翅滨藜、大洋洲滨藜为试材, 研究不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫下 2 种滨藜叶解剖结构的变化。结果表明: 随着碱浓度的增大, 2 种滨藜叶片的表皮被覆物厚度、表皮厚度和晶体数目有明显的变化, 2 种滨藜叶片表皮被覆物厚度、表皮厚度和晶体数目在低浓度 150 mmol/L NaHCO<sub>3</sub> 胁迫处理下相对于 CK 有增加趋势, 差异显著, 从 300 mmol/L 的 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫处理开始, 2 种滨藜表皮被覆物厚度和晶体数目相对于 150 mmol/L 有了明显减少趋势, 差异显著, 说明 2 种滨藜是通过改变其结构来适应碱胁迫。

**关键词:** NaHCO<sub>3</sub> 胁迫; 晶体; 结构; 滨藜

**中图分类号:** Q 945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2012)05-0077-04

盐害是世界上最严重的环境问题之一, 它已经成为未来农业发展和环境治理所要面临的重要课题。全世界可耕地面积的 20% 和灌溉面积的 50% 受到不同程度土壤次生盐渍化的影响。许多干旱、半干旱地区脆弱的、不稳定的农业生产体系由于盐害而面临崩溃<sup>[1]</sup>。中国盐碱土约  $3.33 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 。另外, 还有次生盐渍化土壤  $6.60 \times 10^6 \text{ hm}^2$ <sup>[2]</sup>。它已成为制约我国许多地区农业生产发展的主要因素, 每年造成的损失难以估计。宁夏地区约有 128.5 万  $\text{hm}^2$  盐渍土壤, 它是宁夏作物生产的大害<sup>[3]</sup>。宁夏银北地区盐碱化程度高, 生态环境十分脆弱, 以往对盐渍土的治理多采取工程措施, 如淡水压碱、

挖沟排碱、修筑台田等方法<sup>[4]</sup>。上述方法不符合盐渍土可持续发展观<sup>[5]</sup>。在盐碱地种植耐盐碱植物不但可以使土壤含盐量降低, 还可以使土壤肥力和土壤中微生物的含量增加, 从而改良和利用盐渍土<sup>[6]</sup>。采用工程、生物、农耕等治理措施的基础和重点种植材料的选择, 灌木树种属低位芽植物, 较乔木树种具更强的抗逆性, 在改善生态环境方面有特殊的意义<sup>[7]</sup>。

滨藜属 (*Atriplex* L.) 隶属藜科 (Chenopodiaceae), 全世界约有 250 种, 中国有 17 种 2 变种<sup>[8]</sup>。滨藜是一种生长适应性强的耐盐碱植物, 具有降低生境盐分和改良盐碱地的巨大潜力, 茎叶还是一种高品质的动物饲料。近年来, 滨藜属植物被广泛引种并用于牧草生产和植被恢复。现对大洋洲滨藜、四翅滨藜 2 种从国外引种栽培的典型耐盐碱滨藜属植物进行叶解剖结构的研究, 为研究盐生植物抗盐力的途径, 以及改良和利用盐渍土提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试材为大洋洲滨藜 (*Atriplex nummularia*), 由澳大

**第一作者简介:** 张新学 (1985-), 男, 宁夏隆德人, 在读硕士, 现主要从事作物栽培与耕作学研究工作。

**责任作者:** 许兴 (1959-), 男, 博士, 教授, 研究方向为作物耐逆生理。E-mail: xuxingscience@126.com。

**基金项目:** 宁夏科技攻关资助项目; 宁夏自然科学基金资助项目 (NZ1132)。

**收稿日期:** 2011-12-20

**Abstract:** Taking *Selaginella tamariscina* and *Selaginella sanguinolenta* as experimental materials, the photosynthetic characteristics of the leaves under different light intensity (no shading (control CK; light transmittance 100%), single shading (light transmittance 70%), double shading (light transmittance 50%), three layer of shading (light transmittance 20%)) were studied. The results showed that the 2 species of *Selaginella* in no shading and single shading conditions, net photosynthetic rate was higher than the other two treatment of *Selaginella*; *Selaginella tamariscina* diurnal variation of net photosynthetic rate curve for Shuangfeng, had obvious midday depression, but *Selaginella sanguinolenta* midday depression was not obvious. The degree of recovery from midday depression, *Selaginella tamariscina* illumination adaptability was wider than *Selaginella sanguinolenta*. Chlorophyll content and specific leaf weight changed further proved the point.

**Key words:** *Selaginella tamariscina*; *Selaginella sanguinolenta*; net photosynthetic rate; photosynthetic characteristics