

遮荫处理对绞股蓝叶形态结构及光合特性的影响

刘世彪^{1,2}, 胡正海^{1*}

(1. 西北大学植物研究所, 西安 710069; 2. 吉首大学生态研究所, 湖南吉首 416000)

摘 要: 研究了田间栽培和盆栽绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)在不同程度遮荫处理下的叶形态结构及光合特性的变化。结果表明, 两种栽培方式下的绞股蓝叶形态结构及光合特性具有相似的变化规律。具体表现为叶形态结构受光照强度影响较大, 与全日照相比, 遮荫条件下叶面积增大, 叶色深绿, 叶片厚度以及栅栏组织和海绵组织厚度小, 维管束不发达, 表现出阴生叶的特点。同时, 遮荫条件下叶片的叶绿素含量和净光合速率高于全日照处理。这些特点表明, 绞股蓝属于喜阴植物, 遮荫处理有利于其生长发育。

关键词: 遮荫处理; 形态结构; 光合特性; 绞股蓝

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2004)04-0339-06

Effects of Shading Treatment on the Leaf Morphology, Structure and Photosynthetic Characteristics of *Gynostemma pentaphyllum*

LIU Shi-Biao^{1,2}, HU Zheng-Hai^{1*}

(1. Institute of Botany, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Institute of Ecology, Jishou University, Hunan 416000, China)

Abstract: The changes of leaf morphology, structure and photosynthetic characteristics of *Gynostemma pentaphyllum* under different shading treatment were studied through the experiment in the field and the basin containers. The results revealed that the leaf morphology, structure and photosynthetic characteristics of this plant cultivated in above two ways appeared similarity. The leaf morphology and structure were largely affected by light intensity. Under shading treatments, it presented shade leaf features with large size, dark green, thin thickness of leaf blade, palisade tissue and spongy tissue, and undeveloped vascular bundles compared with those under full sunlight. Meanwhile, the contents of chlorophyll and net photosynthetic rate under shading treatment were higher than those under full sunlight. Available data indicated that *G. pentaphyllum* is of sciophiles, and shading treatment benefited the growth and development of this plant.

Key words: Shading treatment; Structure; Photosynthetic characteristics; *Gynostemma pentaphyllum*

绞股蓝(*Gynostemma penthyllum*)为葫芦科绞股蓝属的多年生草质攀援性藤本植物。自 20 世纪 70 年代以后, 从绞股蓝中提取出 84 种绞股蓝皂甙, 并发现其中 6 种与人参皂甙的成分相同, 具有降血脂、抗衰老、抗肿瘤等功效, 被誉为“南方人参”, 受到研究者的广泛关注, 得到大力的开发利用^[1,2]。在

绞股蓝的栽培生产中, 有的进行露天栽培, 有的则在生长期的前期或全程进行遮荫处理, 方法不一致, 得到的结果也不同^[3,4]。前人曾进行过不同光照强度对大田栽培的绞股蓝光合特性的研究^[5-8], 也注意到全日光强下绞股蓝的叶形态结构特征^[9,10], 但有关遮荫处理对绞股蓝叶形态结构及光合特性的影响尚

收稿日期: 2003-10-29, 修回日期: 2004-03-22。

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2003C113), 湖南省自然科学基金资助项目(04JJ3071)。

作者简介: 刘世彪(1965—), 男, 在职博士生, 主要从事结构植物学研究。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: huzhenghai@yahoo.com)。

未见综合报道。笔者采用田间栽培和盆栽相结合的方法对不同遮荫处理下绞股蓝的叶形态结构和光合特征进行了比较研究,以期对绞股蓝规范化栽培及生态因子的调节提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

生产中通常栽培的 5 小叶和 7 小叶 2 个种群的绞股蓝,种植于西北大学植物研究所生物园内,生境条件和管理水平一致。绞股蓝地下茎每年 4 月上中旬开始萌动出土,7 月下旬现蕾开花,10 月下旬果熟,11 月后落叶枯萎。实验于 2003 年 5 月初连续遮荫 2 个月,7 月初进行测定。

1.2 方法

栽培设计和遮光处理:盆栽 7 小叶类型绞股蓝,盆钵口径 18 cm,高 14 cm,设全日照、棚网遮荫(2 层遮荫网,离地 1.5 m)和杂草遮荫(1.5 cm 厚晒干的园圃杂草,均匀地铺在遮荫网上,离地 1.5 m)3 个光照处理;试验区大田内分别种植 5 小叶和 7 小叶类型绞股蓝,各 8 m²,行株距 40 cm×30 cm,设全日照、棚网遮荫(同上)2 个光照处理。蔓长 30 cm 后插竹条引蔓上长。以全日照为对照(CK),光强=100%,透光率(%)=遮荫区光照强度/全日照强度×100%,以 7 月初连续 3 个晴天的 9:00~17:00 时间段内每隔 2 h 测定的共 5 次光强平均值计算。

光合作用测定:在 7 月初连续 3 个晴天的 7:00~19:00,选择绞股蓝植株芽尖下第 10 片完全展开的

外围成熟叶片,用 CID-301 型 CO₂ 分析仪连续活体测定不同遮荫处理下的光照强度、叶温及叶净光合速率,每日 3 株重复。叶面积测量:用 CI-202 叶面积仪对光合作用测定后的叶片进行测量,10 株重复。叶绿素含量测定:将叶面积测定后的叶片按张志良的方法进行^[1]。光学显微镜技术:将芽尖下第 10 片完全展开的外围成熟叶片的中央小叶 FAA 液固定,常规石蜡切片,番红-固绿染色,加拿大树胶封片,LEICA 显微镜观察、测量、照相,10 株重复。SAS 统计软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 遮荫对绞股蓝形态结构的影响

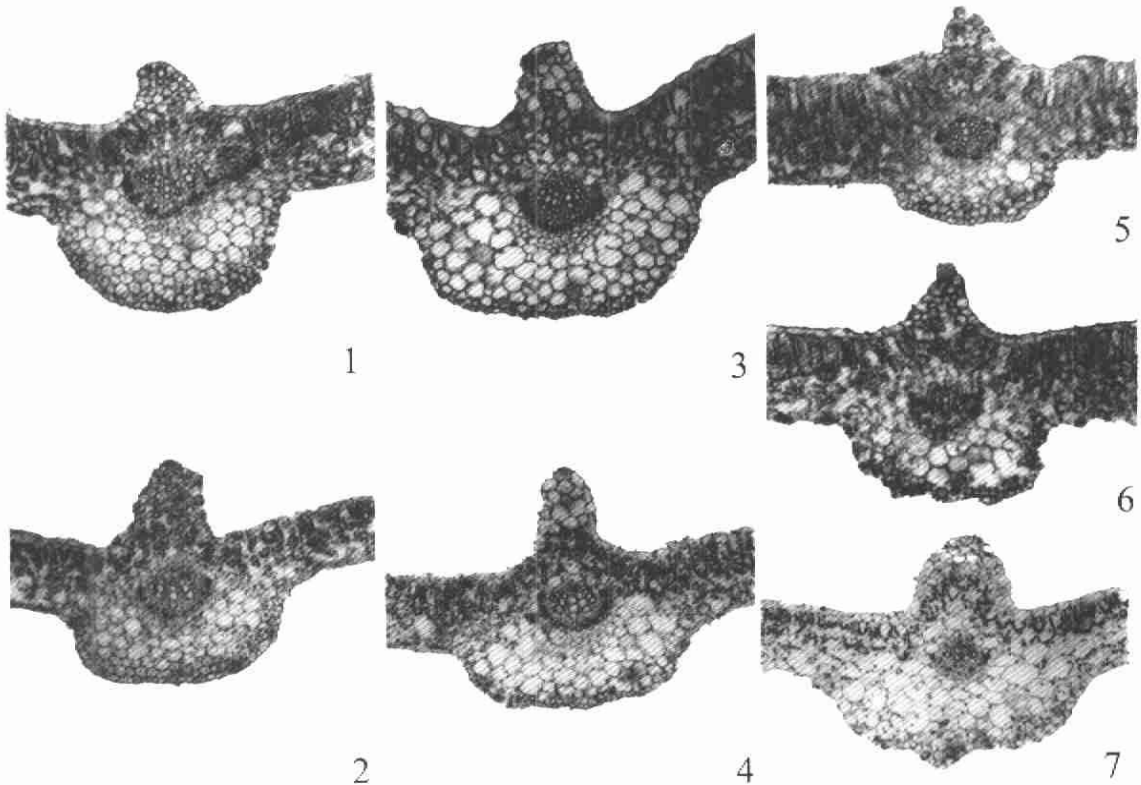
测得棚网遮荫处理的透光率为全日光强的 30%,即 70%遮荫度,叶温比全光照下平均低 4.2℃,杂草遮荫的透光率为全日光强的 10%,即 90%遮荫度,叶温比全日照下平均低 7.6℃。绞股蓝叶的共同结构特征表现为典型的异面叶,由表皮、叶肉和叶脉所构成,叶的上、下表皮面由一层近长方形的细胞组成,外被薄的角质层,具表皮毛。栅栏组织 1~2 层细胞,海绵组织 3~4 层细胞,叶绿体分布于这两类组织细胞中。主脉向上、下表皮突出,下表皮内有 1~2 层厚角组织细胞;主脉具 1 个双韧型维管束,呈扇形,木质部导管小,辐射状排列,周围有散生的纤维束(见图 1)。

不同遮荫条件下的绞股蓝叶形态结构具有明显的差异(表 1)。主要表现为全日照下绞股蓝叶面积

表 1 不同遮荫条件对绞股蓝叶形态结构的影响
Table 1 Effects of different shadings on morphology and structure of *Gynostemma pentaphyllum* leaves

种群 Population	栽培方式 Cultivation	遮荫处理 Shading treatment	叶面积(cm ²) Leaf area	叶片厚(μm) Thickness of leaf	栅栏组织厚(μm) Thickness of palisade	海绵组织厚(μm) Thickness of spongy	栅海比(%) P/S	维管束 Vascular bundle
5 小叶 5 leaflet	大田 Field	全日照(CK) Full sunlight(100%)	8.52±1.0 c	200±6 ab	60±7 b	100±6 ab	60±7 d	发达 Developed
		棚网遮荫 Web shade(30% of CK)	12.10±1.3 a	140±7 d	60±6 b	50±5 cd	120±6 b	较发达 Developed
7 小叶 7 leaflet	大田 Field	全日照(CK) Full sunlight(100%)	7.41±1.1 d	190±6 b	46±5 c	115±4 a	40±3 e	发达 Developed
		棚网遮荫 Web shade(30% of CK)	10.51±1.2 b	120±8 e	30±8 d	60±8 c	50±4 e	一般 Undeveloped
7 小叶 7 leaflet	盆栽 Basin	全日照(CK) Full sunlight(100%)	6.99±0.7 d	210±7 a	120±5 a	60±6 c	200±15 a	发达 Developed
		棚网遮荫 Web shade(30% of CK)	8.60±0.9 c	180±7 c	60±5 b	90±6 b	66.7±3 d	一般 Undeveloped
		杂草遮荫 Grass shade(10% of CK)	7.87±1.2 cd	115±7 e	42±5 c	40±6 d	105±13 c	一般 Undeveloped

注:表中数据为 10 株试材的平均值,数据后的字母表示 SSR 差异显著性,不同的小写字母表示在 0.01 水平上差异显著。
Notes: Data in the table are means of 10 plants. The letters mean SSR significance, significant at 0.01 level for the different small letter. The same as below.



1. 全日照下大田栽培的绞股蓝(7 小叶类型); 2. 棚网遮荫下大田栽培的绞股蓝(7 小叶类型); 3. 全日照下大田栽培的绞股蓝(5 小叶类型); 4. 棚网遮荫下大田栽培的绞股蓝(5 小叶类型); 5. 全日照下盆栽的绞股蓝(7 小叶类型); 6. 棚网遮荫下盆栽的绞股蓝(7 小叶类型); 7. 杂草遮荫下盆栽的绞股蓝(7 小叶类型)
1. *G. Pentaphyllum* (7 leaflet) in field under full sunlight; 2. *G. Pentaphyllum* (7 leaflet) in field under web shade; 3. *G. Pentaphyllum* (5 leaflet) in field under full sunlight; 4. *G. Pentaphyllum* (5 leaflet) in field under web shade; 5. *G. Pentaphyllum* (7 leaflet) in basin under full sunlight; 6. *G. Pentaphyllum* (7 leaflet) in basin under web shade; 7. *G. Pentaphyllum* (7 leaflet) in basin under grass shade

图 1 不同遮荫条件下的绞股蓝叶片横切面(示主脉及叶片, ×400)

Fig. 1 Transverse sections of the leaves of *Gynostemma Pentaphyllum* under different shadings (showing the midribs and blade, ×400)

小,叶厚度大,栅栏组织和海绵组织较厚。统计表明,大田栽培的 2 个类型的绞股蓝在全日照下与棚网遮荫下的上述指标具有显著或极显著差异(5 小叶类型的栅栏组织厚度相等,无差异),盆栽绞股蓝形态结构的多数指标也具有相同的规律。全日照下绞股蓝的叶表皮层稍厚,角质层明显,栅栏组织细胞普遍较长,海绵组织细胞则长而宽,细胞间隙小,叶肉中的叶绿体数量较少,叶色黄绿;叶脉维管束发达,木质部和韧皮部分化明显,放射状的木质部导管可达 6~7 列,表现出中生叶的特点。30%全日照光强下的绞股蓝叶面积增大,叶厚度、栅栏和海绵组织厚度普遍减小,细胞变短变圆,细胞间隙增大,叶绿体数量增多,叶色深绿;叶脉维管束不发达,木质部导管只有 3~5 列,表现出阴生叶的特点。10%全日照光强下的盆栽绞股蓝,叶面积处于全日照与 30%全日照之间,差异不显著,但叶厚度、栅栏和海绵组织厚

度显著或极显著地小于前 2 个处理,维管束不发达,由于过于荫蔽,植株生长势差,生长速度慢,茎蔓瘦弱。棚海比与遮荫程度关系不明显,有 2 层栅栏组织的类型,其比值高于 100%。表 1 还显示,在相同的光照条件下,大田栽培的 7 小叶比 5 小叶绞股蓝的叶面积、叶厚度、栅栏组织厚度和棚海比要小,海绵组织厚度大,维管束发育受遮荫影响大。

2.2 遮荫对绞股蓝叶绿素含量的影响

绞股蓝叶绿素含量在遮荫条件下普遍高于全日照条件(表 2)。其中大田棚网遮荫的 7 小叶绞股蓝比全日照下高出 68.12%,差异达极显著水平,大田栽培的 5 小叶绞股蓝则相差不显著。盆栽杂草遮荫的 7 小叶绞股蓝也比全日照下高出 20.25%,达显著水平。叶绿素 a/b 值在 30%全日照光强下也高于全日照下的相应值,其中大田 7 小叶类型达显著水平。绞股蓝叶绿素含量及叶绿素 a/b 值随着光照强

表 2 不同遮荫条件对绞股蓝叶绿素含量的影响*
Table 2 Effects of different shadings on contents of chlorophyll* (mg·g⁻¹ FW)

种群 Population	栽培方式 Cultivation	遮荫处理 Shading treatment	叶绿素含量 Chl a+b	叶绿素 a/b Chl a/b
5 小叶 5 leaflet	大田 Field	全日照(CK) Full sunlight (100%)	1.226±0.02 b	2.278±0.03 d
		棚网遮荫 Web shade (30% of CK)	1.286±0.01 ab	2.306±0.03 d
7 小叶 7 leaflet	大田 Field	全日照(CK) Full sunlight (100%)	0.803±0.01 e	2.572±0.04 b
		棚网遮荫 Web shade (30% of CK)	1.350±0.01 a	2.683±0.04 a
7 小叶 7 leaflet	盆栽 Basin	全日照(CK) Full sunlight (100%)	0.869±0.01 d	2.651±0.03 ab
		棚网遮荫 Web shade (30% of CK)	0.895±0.01 d	2.683±0.02 a
		杂草遮荫 Grass shade (10% of CK)	1.045±0.04 c	2.483±0.02 c

* 所需注释同表 1。
* What need notes refer to table 1.

度的下降而上升的事实,意味着遮荫可以促进叶绿素的合成。10%全日照光强下盆栽的绞股蓝,虽然叶绿素含量继续增加,但叶绿素 a/b 值下降,应当是植物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。

2.3 遮荫对绞股蓝净光合速率日变化的影响

在晴天全日照时,光照强度和叶温基本呈正态分布(图2),在15:00最高,下午下降的幅度比上

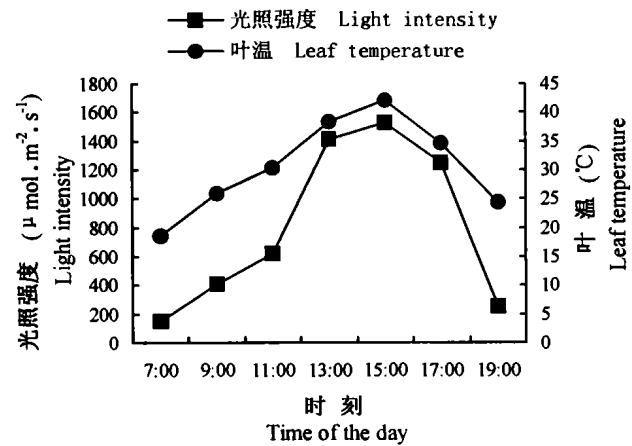


图 2 全日照下光照强度和绞股蓝叶温变化
Fig. 2 Daily changes of light intensity and leaf temperature under full sunlight

午上升的幅度略大。
2.3.1 遮荫对大田栽培的绞股蓝净光合速率日变化的影响 在全日照和 30%全日照遮荫条件下的日变化曲线均呈典型的双峰型(图 3)。在 11:00 和 17:00 两次达到高峰,上午略高于下午,7 小叶类型的净光合速率在全日照下分别为 24.05 和 20.16 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,在遮荫条件下分别为 31.58 和 29.05 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,比全日照下分别提高了 31.31%和 44.10%;5 小叶类型在全日照下分别为 23.11 和 20.33 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,在遮荫条件下分别为 27.43 和 28.43 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,比全日照下分别提高了 18.69%和 39.84%。遮荫与全日照下净光合速率的差距在下午拉得更大,意味着遮荫条件对植株避开下午的高光高温影响具有积极的作用。15:00 的净光合速率降至谷底,7 小叶类型在全日照和遮荫条件下分别为 8.63 和 7.38 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,5 小叶类型分别为 6.94 和 5.50 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,各数值相差不明显,此时也正是一天中光照强度和叶温最高的时期。就两个类型的绞股蓝来说,7 小叶与 5 小叶在全日照下的净光合速率相差不大,但在遮荫条件下,7 小叶上升的幅度比 5 小叶更明显,表示 7 小叶类型更适应于遮荫环境。

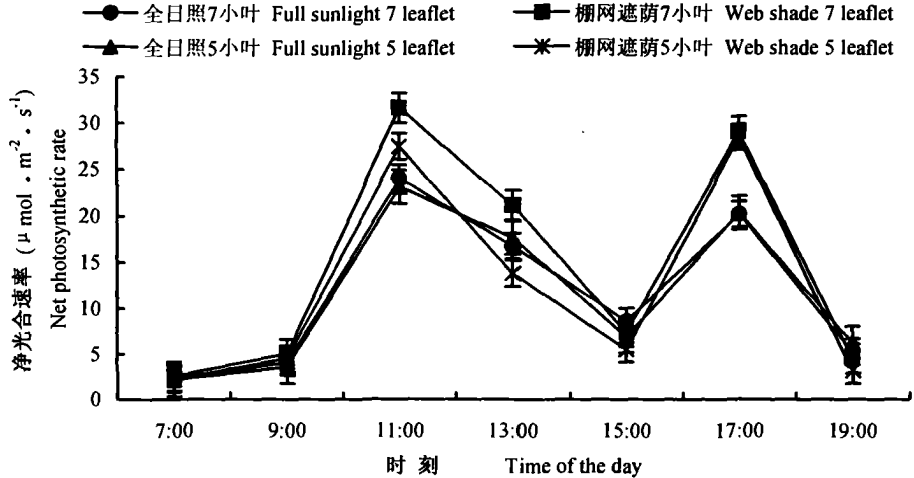


图 3 不同遮荫条件下大田栽培的绞股蓝净光合速率日变化曲线(n=9)
Fig. 3 Daily changes of net photosynthetic rates of *Gynostemma pentaphyllum* in field under different shadings

2. 3. 2 遮荫对盆栽绞股蓝净光合速率日变化的影响 不同遮荫处理对盆栽绞股蓝净光合速率日变化的影响曲线也呈双峰型(见图 4)。全日照下的高峰值出现在 13:00 和 17:00, 分别为 14.46 和 11.61 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。遮荫条件下的高峰值则出现在 11:00 和 17:00, 30%全日照的棚网遮荫下分别为 35.48 和 12.33 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 比全日照下相应提高了 145.37%和 9.15%; 10%全日照的杂草遮荫下分别为 30.45 和 10.75 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 比全日照下相应提高了 109.27%和下降了 7.41%, 但比棚网遮荫下的峰值要小, 说明绞股蓝光合作用更适于 30%全日照遮荫环境。全日照、30%全日照和 10%全日照处理下的净光合速率高峰值都表现为上午明显高于下午, 但以全日照下差

距最小, 而在光强和叶温最高的 15:00 时, 它们的净光合速率都降至谷底, 分别为 7.00、3.38 和 2.87 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。盆栽的 7 小叶与大田栽培的 7 小叶类型相比, 总的表现是盆栽植株净光合速率要低, 尤其是下午, 这可能与其根部的土壤容量有限, 所受的光、温、水分胁迫更重, 进而限制其光合作用有关。

3 讨论

叶片是植物营养器官中对环境变化最为敏感的器官, 其形态结构特征被认为是最能体现环境因子的影响或植物对环境的适应。叶片对环境变化的适应性包括叶形、叶表面特征、叶片厚度和解剖特征的变化等^[12]。本研究结果表明, 适度的遮荫有利于绞股蓝叶的生长发育和光合作用。全日照条件下的绞股蓝具有中生植物叶的形态结构特点, 而棚网遮荫下的绞股蓝叶面积增大, 叶绿素含量上升, 叶色深绿, 叶片变薄, 栅栏组织和维管组织欠发达, 海绵组织疏松, 细胞间隙较大, 细胞内叶绿体数目增多, 表现出阴生植物叶的结构特点。绞股蓝叶形态结构在不同光强作用下所表现出的这种形态双重性^[13], 与其光合表现是高度一致的, 在遮荫条件下具有阴生叶结构特征的绞股蓝比全日照下具有中生叶结构特征的绞股蓝的净光合速率明显要高(图 3、图 4)。因此, 从叶的形态结构变化和光合生理变化两方面可以表明, 绞股蓝适于荫蔽的生长环境, 是一种喜阴植物。

大田栽培试验显示, 同一遮荫程度对不同类型的绞股蓝形态结构和光合作用的影响是不同的, 全

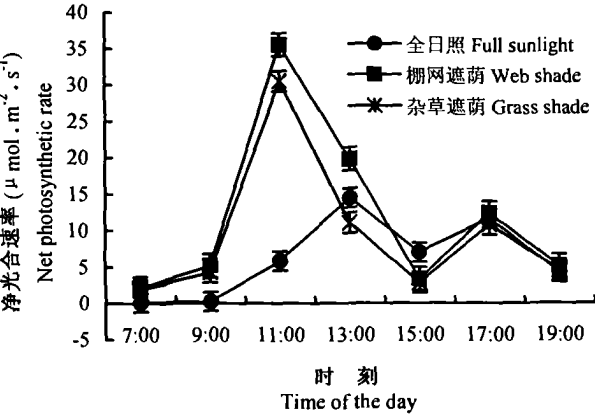


图 4 不同光强下盆栽的绞股蓝净光合速率日变化曲线(n=9)
Fig. 4 Daily changes of net photosynthetic rates of *Gynostemma pentaphyllum* (7 leaflet) in basin under different shadings

日照下净光合速率相差很小的 7 小叶与 5 小叶类型,在 30%全日照光强下,7 小叶净光合速率的增加比 5 小叶大,叶绿素含量和叶绿素 a/b 的增加也极其显著,这表明前者更适应于 30%透光度的遮荫环境。盆栽试验显示,30%全日照光强比 10%、10%比 100%全日照的绞股蓝净光合速率要高,生长势要强。至于 30%全日照光强以上的遮荫结果如何,尚有待于进一步的试验。但前人对绞股蓝的最适遮荫程度已作过一些探索,郭文源等^[7]提出相对照度为 64.39%~74.51%时,绞股蓝的干物质累积量最多,总皂甙含量最高,果实和种子产量最大。柳秀春等^[8]认为,强光和高温抑制绞股蓝的生长而导致其产量下降,但透光率低于 0.3 时,遮荫程度则对产量影响不大。绞股蓝的遮荫程度并不是越大越好,有耐荫试验表明,白昼把绞股蓝置于 10~15 lx(即 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)漫射光环境中,平均 23 d 就会死亡^[10]。野生绞股蓝种群很难在过于荫蔽的密林或多重灌木覆盖的环境中分布,例如当林下入射光比林窗入射光的相对日总光强低 63.2%、严重缺乏光谱中的蓝光和红橙光时,绞股蓝的净光合速率、干物质积累量、日茎净伸长量和总皂甙含量都比林窗下的相应指标要低^[6]。在光合有效辐射减弱条件下,绞股蓝的这种通过增大总叶面积、叶面积率和比叶面积,以有效地适应低光环境的反应模式^[14]与阴生植物匙叶天南星对光强的形态和光合生理的反应模式极为相似^[15]。

绞股蓝是喜阴植物的试验结果,对于绞股蓝的生产实践具有积极的指导作用。根据种植地的具体环境,采用适当的遮荫措施,将有效地促进植物的生长,增加叶绿素的含量,提高绞股蓝产品的商业价值。

致谢:本文的实验材料由陕西省平利县绞股蓝研究所提供,特表谢意。

参考文献:

[1] 李仪,李立娜. 绞股蓝的综合研究[J]. 天津药学,

1998,10(3):8-10.

- [2] 刘敏华. 绞股蓝[M]. 北京:中国中医药出版社, 2001.
- [3] 毕胜,蒋勇,李桂兰. 绞股蓝的栽培技术[J]. 时珍国医国药,2000,11(2):191-192.
- [4] 吴泽民,姚永康,徐小牛. 棚栽绞股蓝光合特性的初步研究[J]. 南京大学学报,1993(绞股蓝研究专辑):15-21.
- [5] 周霞,何和明,郑觉. 绞股蓝生态生理特性的研究[J]. 中国野生植物资源,1999,18(2):1-4.
- [6] 韦朝领,孙启祥,彭镇华. 江淮分水岭落叶阔叶林林窗光环境特征及其对绞股蓝生长特性的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(5):665-670.
- [7] 郭文源,杨毅,陈建平. 光强和 pH 值对绞股蓝生长发育的影响[J]. 湖北大学学报(自然科学版),1994,16(2):207-210.
- [8] 柳秀春,刘向阳,程箴荣. 光照强度对绞股蓝产量及皂甙含量的影响[J]. 南京大学学报,1993(绞股蓝研究专辑):43-47.
- [9] 廖衍伦,叶能干. 绞股蓝的形态解剖学研究 I. 营养器官的形态解剖[J]. 贵州农业科学,1989(6):9-15.
- [10] 陈忠仁,张永田. 绞股蓝生态习性和生物学特性[J]. 亚热带植物通讯,1992,21(1):25-30.
- [11] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 第 2 版. 北京:高等教育出版社,1990. 88-91.
- [12] 费松林,方精云,樊拥军,赵坤,刘雪皎,崔克明. 贵州梵净山亮叶水青岗的叶和木材解剖特征与其生态因子的关系[J]. 植物学报,1999,41(2):1002-1009.
- [13] 周湛芬,张智,李瑶. 绞股蓝属叶表皮形态与生态环境的关系[J]. 安徽农业大学学报,1993,20(1):79-85.
- [14] 何维明,钟章成. 攀援植物绞股蓝幼苗对光照强度的形态和生长反应[J]. 植物生态学报,2000,24(3):375-378.
- [15] 范燕萍,余让才,郭志华. 遮荫对匙叶天南星生长及光合特性的影响[J]. 园艺学报,1998,25(3):270-274.