

遮荫对东京野茉莉幼苗 叶片形态和解剖结构的影响

董如磊¹, 喻方圆^{1*}, 欧阳献²

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 江西环境工程职业学院, 江西 赣州 341000)

摘要: 研究不同遮荫处理对江西遂川两家系东京野茉莉幼苗叶片形态和解剖结构的影响, 并与白辛树幼苗对遮荫的响应进行对比分析。结果表明: 遮荫处理对 3 种幼苗叶片的叶面积、比叶重、相对含水量和解剖结构有不同程度的影响。随着遮荫强度的增加, 3 种幼苗的叶面积总体上呈逐渐下降的趋势, 但不同幼苗之间和不同遮荫处理之间的差异均不显著; 随着遮荫强度的增加, 东京野茉莉两家系幼苗比叶重均逐渐减少, 白辛树在 60% 遮荫处理下增加, 总体上逐渐减小; 东京野茉莉两家系叶片相对含水量均在 40% 遮荫处理下下降, 然后逐渐增加, 白辛树总体上逐渐增加; 随着遮荫强度的增加, 3 种幼苗叶片厚度下降, 栅栏组织细胞相互融合而变粗, 长度缩短, 排列不整齐, 细胞间隙增宽, 细胞器数量大量减少。

关键词: 东京野茉莉幼苗; 遮荫; 叶片形态; 解剖结构

中图分类号: Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2010)05-0974-08

Effects of Shading Treatments on Leaf Morphology and Anatomical Structure of *Styrax tonkinensis* Seedlings

DONG Ru-lei¹, YU Fang-yuan^{1*}, OUYANG Xian²

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;
2. Jiangxi Environmental Engineering Vocational College, Ganzhou 341000, China)

Abstract: Effects of different shading treatments on leaf morphology and anatomical structure of *Styrax tonkinensis* seedlings in two families from Suichuan Jiangxi as well as *Pterostyrax psilophyllus* seedlings were studied. The results showed that shading treatments could affect the leaf area, specific leaf weight and the relative water content of three kinds of seedlings at different degrees. The leaf area of the three kinds of seedlings generally decreased along with the increasing of shading intensity. But it was not significantly different among different kinds of seedlings and shading treatments. The specific leaf weight of *Styrax tonkinensis* seedlings in the two families gradually decreased along with the increasing of shading intensity, while that of *Pterostyrax psilophyllus* seedlings decreased along with the increasing of shading intensity except that it increased in the 60% shading treatment. The relative water content of *Styrax tonkinensis* seedlings in the two families decreased

收稿日期: 2010-07-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(30571485)和国家林业局林业科技成果推广项目

作者简介: 董如磊(1984—), 男, 硕士生, 主要从事林木种苗生理研究, E-mail: dongrl1984@163.com。

* 通讯作者: 喻方圆(1965—), 男, 江西南昌人, 博士, 教授, 博士生导师。全国林木种子标准化技术委员会委员兼秘书, 江苏省林木品种审定委员会委员。1984年本科毕业于江西农业大学; 1991年和2002年毕业于南京林业大学, 分别获硕士和博士学位; 1991年8月开始在南京林业大学工作, 从事林木种苗教学和科研工作; 分别于2000年9月—2001年8月和2006年7月—8月赴加拿大不列颠哥伦比亚大学进修。近10年来, 主持完成国家和省部级课题5项; 主持制(修)定林木种苗国家标准2项, 行业标准1项, 省级地方标准1项; 发表学术论文50余篇, 主编著作2部, 获省、部级科技成果三等奖2项。2004年入选江苏省高校青蓝工程优秀青年骨干教师培养对象。E-mail: fyyu@njfu.com.cn。

along with the increasing of shading intensity from 0% to 40% , and increased along with increasing of shading intensity from 40% to 80% ; the relative water content of *Pterostyrax psilophyllus* seedlings gradually increased along with the increasing of shading intensity. With the increasing of shading intensity , the thickness of leaf of the three kinds of seedlings generally decreased , palisade tissue cells became coarse , shorter and untidy through mutual fusion , intercellular space widened , and organelles greatly decreased.

东京野茉莉(*Styrax tonkinensis*) ,又名越南安息香、白花树 ,属安息香科安息香属落叶乔木 ,主产越南东京湾^[1] ,主要分布于热带和亚热带海拔 100 ~ 1 000 m 的低山丘陵区 ,在我国江西、福建、贵州、广东、广西、湖南和云南等地均有分布^[2-3]。种子含油率高达 51% ,是加工生物柴油的良好原料^[4]。作为极具开发潜力的生物质能源树种之一 ,东京野茉莉的相关研究受到林业科技工作者的高度重视。近年来 ,在造林技术^[4]、种子油营养成分^[5]和木材性质^[6]等方面均有研究。调查发现 ,东京野茉莉虽为伴生树种 ,但树高生长快 ,基本处于林冠上层 ,表现出强阳性树种的特征^[7]。然而 ,东京野茉莉苗期的耐荫性如何目前还未见报道。

在遮荫环境下 ,苗木会发生一系列形态和生理变化 ,从而保持自身系统平衡 ,进行正常的生命活动^[8]。叶片是植物接受光的器官 ,当光照环境改变时 ,首先会影响到叶片的生长发育和形态解剖结构的变化。但不同树种幼苗受到的影响可能不同^[9]。本文通过分析不同遮荫处理下东京野茉莉幼苗叶面积、比叶重、相对含水量和解剖结构的变化 ,并与安息香科的另一个树种白辛树(*Pterostyrax psilophyllus*) 进行对比分析 ,探讨其对光的需求特性和适应遮荫环境的形态和解剖学机制 ,以期对东京野茉莉苗木的高效培育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

收集江西遂川 2 个家系和白辛树 1 个家系的种子 ,于 2009 年 3 月 16 日在江苏扬子江林业科技有限公司苗圃(位于江苏省镇江市新民洲) 进行大田播种。2009 年 6 月初选长势基本一致的健壮幼苗移植到容器中继续培育 ,容器规格为 10 cm × 12 cm 的营养钵。育苗基质为大田土:草炭土 = 1:1 ,混匀后基质容重为 1.12 g ,孔隙度为 40.4% ,pH 值为 7.13。2009 年 7 月初将所培育的容器苗移至南京林业大学生物技术大楼温室(装有降温设备) ,加强水肥管理 ,及时补植 ,保证每个容器中都有 1 株健康幼苗。

1.2 试验设计

遮荫处理分为 4 个水平:(1) 0% :作为对照 ,不作任何遮荫处理。(2) 40% :40% 遮荫(光照强度为对照的 60%) ;(3) 60% :60% 遮荫(光照强度为对照的 40%) ;(4) 80% :80% 遮荫(光照强度为对照的 20%)。试验采用随机区组设计 ,每处理选择生长良好且长势一致的苗木 15 ~ 20 株 ,重复 3 次。2009 年 7 月 20 号开始遮荫 ,10 月 10 号结束 ,处理时间为 80 d。

1.3 处理方法

遮荫棚搭建:用竹子搭建长 × 宽 × 高为 200 cm × 120 cm × 100 cm 的遮荫架 ,在其顶部及四周分别固定不同遮荫强度的黑色尼龙网。用 Li - 6400 光合仪 ,多次重复测得各遮荫架内的实际光照强度并分别求出平均值 ,建成遮荫强度分别为 40%、60% 和 80% 的遮荫棚。遮荫棚四周底线离苗床 15 cm 便于通风。

遮荫期间管理:植株之间保持一定距离 ,避免相互遮荫。及时拔除杂草 ,干旱时于早上或傍晚进行浇水 ,适时施肥 ,控制温室温度和湿度。

1.4 测定方法

每小区选 5 株代表性的植株 ,取 15 片完好的功能叶 ,称重 ,然后用 Ci - 203 Leaf Area Meter 叶面积仪测定单叶面积。将已测定叶面积的叶片置 105 °C 烘箱杀青 ,随后在 80 °C 烘至恒重 ,电子天平称重 ,计算出比叶重(SLW ,单位面积干重)。

$$\text{比叶重(SLW)} = \text{叶片干重} / \text{叶面积} (\text{g} \cdot \text{cm}^{-2})$$

$$\text{叶片相对含水量(RWC)} = (\text{叶片鲜重} - \text{叶片干重}) / \text{叶片鲜重}$$

于 2009 年 10 月初每处理选取 3 ~ 5 片成熟叶片 ,在 FEI Quanta - 200 环境扫描电镜 800 × 下拍照 ,观察表皮细胞、栅栏组织和海绵组织的形状及其排列方式 ,并根据标尺比例测算叶片、表皮组织、栅栏组织和海绵组织的厚度。

1.5 数据处理

使用 Excel2003、DPS6.55 及 SPSS13.0 进行数据分析处理。

2 结果与分析

2.1 遮荫对不同幼苗叶面积的影响

从图 1 中可以看出,东京野茉莉两家系和白辛树幼苗的叶面积总体上随着遮荫强度的增加而逐渐下降。白辛树降幅最大,为 51.8%,东京野茉莉家系 2 为 15.1%,东京野茉莉家系 1 最小,为 5.1%。说明遮荫处理影响了 3 种幼苗叶片的正常生长,使叶面积不同程度的减小。东京野茉莉 2 个家系叶面积下降幅度相对白辛树下降较小。

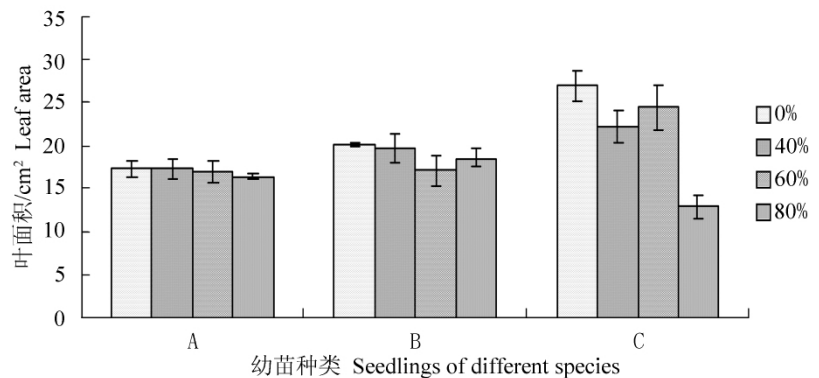
方差分析结果表明,不同幼苗和不同遮荫处理之间幼苗叶面积的差异均未达显著水平。东京野茉莉家系 1 的叶面积在 4 个遮荫处理下差异不显著,在 40% 遮荫处理下最高,为 17.31 cm²,80% 遮荫处理下最小,为 16.42 cm²;

东京野茉莉家系 2 的叶面积在 4 个遮荫处理下差异亦不显著,在全光照下处理下最高,为 20.14 cm²,60% 遮荫处理下最小,为 17.09 cm²;白辛树叶面积在 80% 遮荫处理下最小,为 12.92 cm²,与 0%、40%、60% 遮荫处理下差异均极显著。总体来看,不同幼苗叶面积大小顺序为:白辛树,东京野茉莉家系 1,东京野茉莉家系 2。

2.2 遮荫对不同幼苗比叶重的影响

从图 2 中可以看出,东京野茉莉两家系幼苗比叶重随着遮荫强度的增加而逐渐减少,下降幅度分别为 26.03%、20.59%,较叶面积下降幅度大,比叶重减少可能是植物叶片的干物质积累降低所致;白辛树则先下降后升高再降低,可能与 40% 光照下叶面积增大有关,总体下降幅度为 30.09%。这说明在遮荫状态下,3 种幼苗叶片的光合能力下降,光合产物积累少。

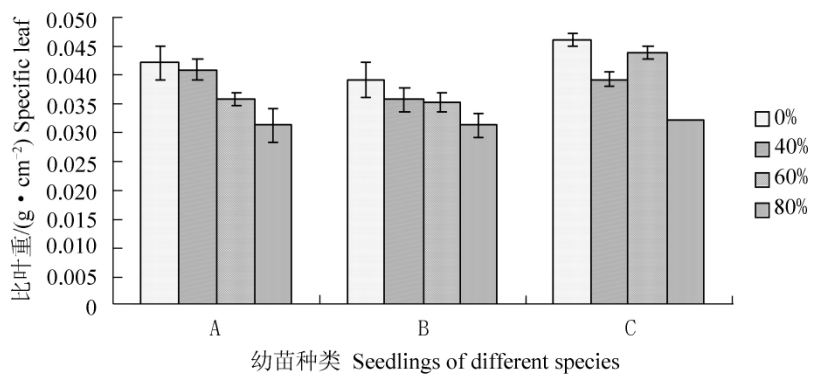
方差分析结果表明,东京野茉莉家系 1 的比叶重在 80% 遮荫处理下与 0% 和 40% 遮荫处理下差异均显著,60% 遮荫处理与其它 3 个处理差异不显著;东京野茉莉家系 2 的 4 个遮荫处理间差异不显著;白辛树 40% 与 0% 遮荫处理间



A: 东京野茉莉家(系 1); B: 东京野茉莉家(系 2); C: 白辛树。
0%: 全光照; 40%: 遮荫强度为 40%; 60%: 遮荫强度为 60%; 80%: 遮荫强度为 80%。
A. *Styrax tonkinensis* seedlings (family one) ,B. *Styrax tonkinensis* seedlings (family two) ,C. *Pterostyrax psilophyllus*.
Shading treatments under 0%、40%、60%、80%。

图 1 遮荫处理对 3 种幼苗叶面积的影响

Fig. 1 Effects of shading treatments on leaf area of three different seedlings



A: 东京野茉莉家系 1; B: 东京野茉莉家系 2; C: 白辛树。
0%: 全光照; 40%: 遮荫强度为 40%; 60%: 遮荫强度为 60%; 80%: 遮荫强度为 80%。
A. *Styrax tonkinensis* seedlings (family one) ,B. *Styrax tonkinensis* seedlings (family two) ,C. *Pterostyrax psilophyllus*.
Shading treatments under 0%、40%、60%、80%。

图 2 遮荫处理对 3 种幼苗比叶重的影响

Fig. 2 Effects of shading treatments on specific leaf weight of three different seedlings

差异极显著,80%遮荫处理与其它3个遮荫处理间差异均极显著。

2.3 遮荫对不同幼苗叶片含水量的影响

叶片含水量是指单位重量新鲜叶片的水分含量,叶片含水量的变化是由环境和树木自身水分调节能力相互作用的结果。低光环境下由于温度低、空气相对湿度大,植物叶片蒸腾量小,所以叶片含水量相对较高。从图3中可以看出,3种幼苗叶片相对含水量随着光照强度的增加总体上是升高的,但升高的幅度不大。

方差分析结果表明,东京野茉莉家系1的相对含水量在4个处理间差异不显著;东京野茉莉家系2在0%、60%、80%遮荫处理下差异不显著,40%与0%遮荫处理间差异显著;白辛树0%、40%和60%3个遮荫处理间差异显著,0%、40%和80%3个遮荫处理间差异不显著。不同幼苗之间叶片相对含水量存在极显著差异,其大小顺序为:白辛树、东京野茉莉家系2、东京野茉莉家系1。

2.4 遮荫对不同幼苗叶片解剖结构的影响

图版I(1-12)为3种幼苗叶片在4个遮荫处理下叶片厚度、上表皮、栅栏组织、海绵组织、栅栏组织/海绵组织的变化特征。从中可以看出,3种幼苗叶片解剖结构变化基本一致:在0%遮荫处理下,叶片较厚,上表皮细胞、栅栏组织和海绵组织排列整齐,表皮细胞大小一致,栅栏组织细胞呈长柱状,排列紧凑,细胞内细胞器数量多并且沿内壁整齐排列;在40%、60%和80%遮荫处理下,叶片厚度减小,上表皮细胞大小变的,栅栏组织细胞相互融合而变粗,长度缩短,细胞排列稀疏,并且不整齐,细胞内细胞器数量大量减少,遮荫强度越大,上述现象越明显。

表1列出了3种幼苗叶片厚度、上表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度和栅栏组织/海绵组织在0%、40%、60%和80%4个遮荫处理下变化情况。从中可以看出,东京野茉莉家系1在4个遮荫处理下叶片、栅栏组织逐渐变薄,上表皮先降低后增加,海绵组织厚度先增大后降低,说明叶片遮荫后变薄主要是栅栏组织厚度降低所致,适度遮荫使海绵组织细胞增多,以减少光量子的透射损失,提高叶片在弱光下的光能利用率;东京野茉莉家系2叶片、上表皮、栅栏组织和海绵组织均逐渐变薄,栅栏组织和海绵组织厚度共同降低是叶片变薄的主要原因;白辛树叶片、栅栏组织、海绵组织厚度和栅栏组织/海绵组织在40%遮荫处理下先增大,然后逐渐降低,说明适度遮荫可以使栅栏组织和海绵组织变厚,进而使叶片厚度增加,以吸收更多的光,来弥补遮荫造成的光强的减弱,在60%和80%遮荫处理下使叶片变薄的主要原因是栅栏组织和海绵组织厚度共同降低。

虽然白辛树幼苗的叶片厚度、上表皮厚度、栅栏组织厚度和海绵组织厚度在3种幼苗中均为最大,但3种幼苗叶片厚度和栅栏组织厚度下降幅度的大小顺序却为:东京野茉莉家系2、白辛树、东京野茉莉家系1,说明遮荫处理对东京野茉莉家系2影响最重,白辛树次之,东京野茉莉家系1最小。

3 讨论

3.1 遮荫对不同幼苗叶面积的影响

遮荫条件下,半夏(*Pinellia ternata*)植株生长旺盛,叶片长宽和叶面积增大,有利于植株在荫蔽环境

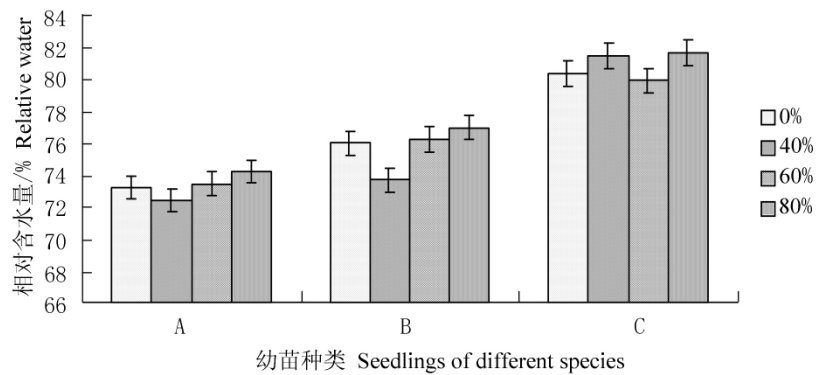
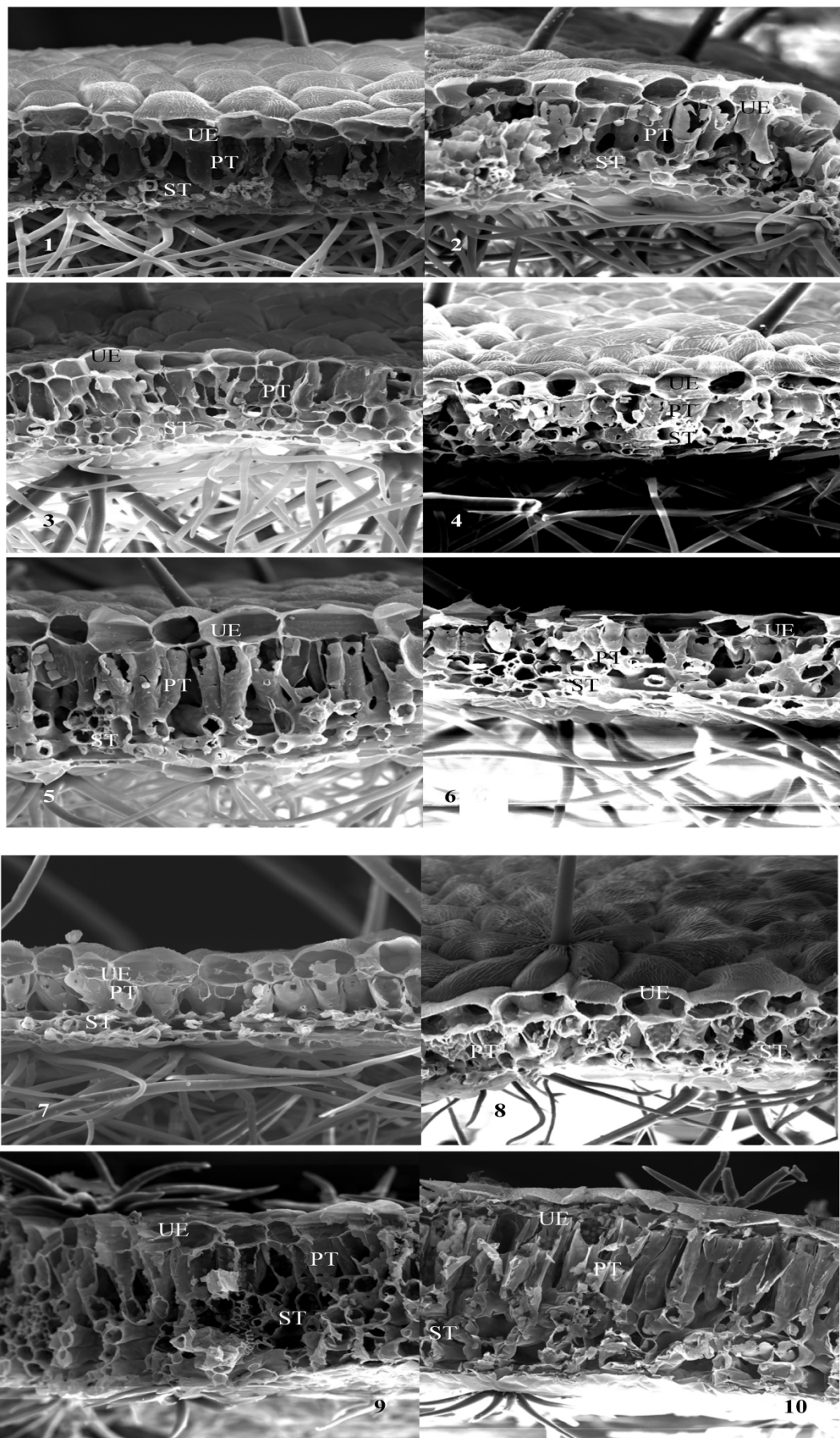
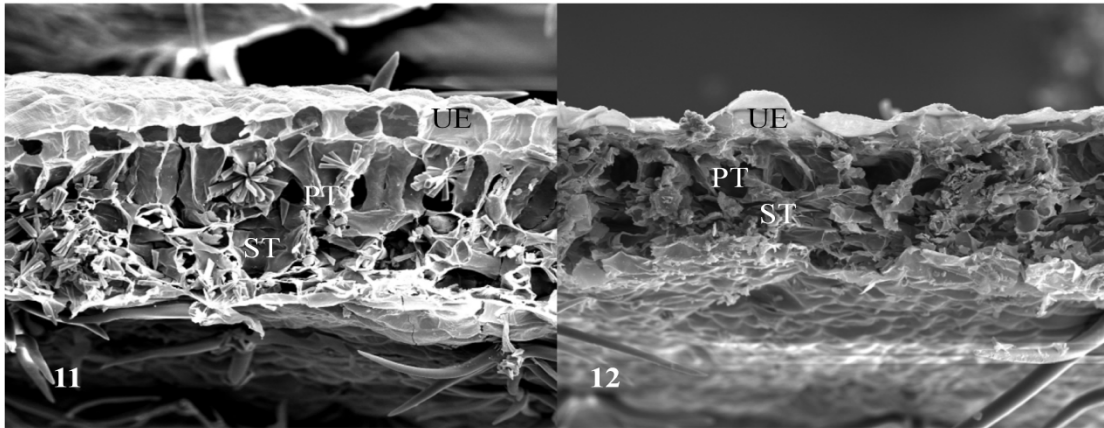


图3 遮荫处理对3种幼苗相对含水量的影响
 Fig. 3 Effects of shading treatments on relative water content of three different seedlings
 A: 东京野茉莉家系1; B: 东京野茉莉家系2; C: 白辛树。
 0%: 全光照; 40%: 遮荫强度为40%; 60%: 遮荫强度为60%; 80%: 遮荫强度为80%。
 A. *Styrax tonkinensis* seedlings (family one) ,B. *Styrax tonkinensis* seedlings (family two) ,C. *Pterostyrax psilophyllus*.
 Shading treatments under 0% ,40% ,60% ,80% .





UE: 上表皮; PT: 栅栏组织; ST: 海绵组织; 图 1 ~ 图 4 分别指: 0%、40%、60%、80% 遮荫处理下东京野茉莉家系 1 幼苗叶片解剖结构扫描图(×800); 图 5 ~ 图 8 分别指: 0%、40%、60%、80% 遮荫处理下东京野茉莉家系 2 幼苗叶片解剖结构扫描图(×800); 图 9 ~ 图 12 分别指: 0%、40%、60%、80% 遮荫处理下白辛树幼苗叶片解剖结构扫描图(×500)。

UE: Upper epidermis; PT: Palisade tissue; ST: Spongy tissue. Fig. 1 - 4 respectively indicating: scanned picture(×800) of leaf anatomic structure of *Styrax tonkinensis* seedlings (family one) under 0%、40%、60%、80% shading treatments. Fig. 5 - 8 respectively indicating: scanned picture(×800) of leaf anatomic structure of *Styrax tonkinensis* seedlings (family two) under 0%、40%、60%、80% shading treatments. Fig. 9 - 12 respectively indicating: scanned picture(×500) of leaf anatomic structure of *Pterostyrax psilophyllus* seedlings under 0%、40%、60%、80% shading treatments.

图版 I 不同遮荫处理下 3 种幼苗的解剖结构变化图

Plate I Anatomical structure of three different seedlings under different shading treatments.

中接受光能^[10]。遮荫处理后,随着光强减弱,半高丛越橘(*Vaccinium corymbosum* × *Vaccinium angustifolium*)叶面积逐渐变大,并且各处理间具有显著差异^[11]。在遮荫条件下,植株通过扩大自身叶面积才能捕捉更多光能,以便增加光合效率,制造更多有机物来满足生长发育的需要,这是对逆境环境下的一种反应。但有的研究结果与上述结论相反,如遮荫处理下拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)单叶面积和总叶面积分别变小,单叶面积变小的原因是叶片开展速度降低和展叶期延长,单叶面积的降低和叶片数量的减少是总叶面积变小的主要原因^[12]。本研究结果与后者观点一致,3种幼苗叶片对不同遮荫处理有不同响应,但总体趋势是随着遮荫强度的降低叶面积逐渐变小,说明光强的减弱抑制了叶片的扩展,可能与遮荫后净光合速率降低的情况下较少能量消耗有关。东京野茉莉家系 1 和家系 2 叶面积降低幅度较小,说明两家系具有一定的耐荫性;白辛树叶面积下降幅度较大,耐荫性较弱。

3.2 遮荫对不同幼苗比叶重的影响

比叶重是指单位叶面积的干重,可以反映叶片的厚度和叶片中同化物的含量,所以研究比叶重有助于对植物基本生物学特性的了解,还可以进一步分析植物的比叶重和光合能力的关系。随着遮荫强度的增加,筒花开口箭(*Tupistra delavayi*)、玉竹(*Polygonatum odoratum*)和花叶细辛(*Asarum splendens*)等植物叶片的比叶重变化呈降低趋势^[13]。但吉祥草(*Russelia equisetiformis*)和石菖蒲(*Acorus gramineus*)等植物的比叶重却随光照强度的增大而增加^[14]。本试验中东京野茉莉两家系比叶重随着遮荫强度的增加而减小,白辛树比叶重总体上呈下降趋势,这与蔡仕珍^[13]的研究相符。同时也说明在遮荫条件下光照不足,导致叶片变薄,同化产物积累减少。3种幼苗比叶重下降幅度大小顺序为:白辛树,东京野茉莉家系 1,家系 2。说明 3 种幼苗耐荫性大小顺序为:东京野茉莉家系 2,家系 1,白辛树。

3.3 遮荫对不同幼苗叶片含水量的影响

叶片含水量与遮荫强度呈正相关,随遮荫程度的增加而增加。因为遮荫导致空气相对湿度增加,植物叶片蒸腾量小,叶表面变得湿润。蔡仕珍^[13]对花叶细辛、筒花开口箭和玉竹等野生观赏植物耐荫性研究表明,叶片含水量随着遮荫强度增加而增加,这是适应环境的表现。本研究证实了蔡仕珍^[13]的研究结果。3种幼苗叶片含水量在总体上随着遮荫强度的增加而增加。可能的原因是这 3 种幼苗在遮荫条件下,通过降低蒸腾作用减少散失的水分,进而提高了植株的含水量^[15]。

表1 不同遮荫处理下3种幼苗叶片解剖结构特征

Tab.1 The characteristics of anatomical structure of leaves of three seedlings under different shading treatments

幼苗种类 Seedlings of different species	测定指标 Testing indexes	遮荫处理 Shading treatment			
		0%	40%	60%	80%
A	叶片厚度/ μm Leaf thickness	68.87 \pm 1.72aA	58.88 \pm 4.7bAB	55.44 \pm 1.92bAB	52.68 \pm 2.6bB
	上表皮厚度/ μm Thickness of upper epidermis	19.63 \pm 0.6aA	16.87 \pm 0.9abA	14.46 \pm 1.58bA	15.5 \pm 2.15abA
	栅栏组织厚度/ μm Thickness of palisade tissue	31.81 \pm 0.34aA	24.9 \pm 1.58bB	18.69 \pm 1.58cBC	18 \pm 1.5cC
	海绵组织厚度/ μm Thickness of spongy tissue	13.53 \pm 1.03aA	14.2 \pm 0.36aA	14.91 \pm 0.34aA	13.87 \pm 0.34aA
	栅栏组织/海绵组织 Palisade tissue/spongy tissue	2.35 \pm 0.12aA	1.75 \pm 0.08bB	1.25 \pm 0.07cB	1.3 \pm 0.06cB
B	叶片厚度/ μm Leaf thickness	87.46 \pm 1.24aA	58.2 \pm 4.56bB	54.4 \pm 1.5bB	51.99 \pm 2.69bB
	上表皮厚度/ μm Thickness of upper epidermis	21.35 \pm 0.34aA	17.9 \pm 0.91bAB	17.56 \pm 0.6bB	13.08 \pm 0.91cC
	栅栏组织厚度/ μm Thickness of palisade tissue	36.25 \pm 0.6aA	17.2 \pm 1.24bB	16.93 \pm 0.32bB	16.87 \pm 0.91bB
	海绵组织厚度/ μm Thickness of spongy tissue	22.14 \pm 0.34aA	14.8 \pm 1.5 bB	10.33 \pm 0.6 cC	9.61 \pm 0.57 cC
	栅栏组织/海绵组织 Palisade tissue/spongy tissue	1.64 \pm 0.01aA	1.17 \pm 0.04bB	1.65 \pm 0.07aA	1.76 \pm 0.09aA
C	叶片厚度/ μm Leaf thickness	139.9 \pm 4.86aA	148 \pm 4.76aA	102.7 \pm 3.82bB	88 \pm 1.97cB
	上表皮厚度/ μm Thickness of upper epidermis	20.76 \pm 1.45aA	18 \pm 0.95abA	16.94 \pm 1.09abA	14.75 \pm 1.64bA
	栅栏组织厚度/ μm Thickness of palisade tissue	57.37 \pm 0.95bB	65.6 \pm 0.95aA	40.43 \pm 1.97cC	27.86 \pm 1.64dD
	海绵组织厚度/ μm Thickness of spongy tissue	48.08 \pm 1.97bA	56.8 \pm 3.04aA	34.97 \pm 1.45cB	32.23 \pm 2.89cB
	栅栏组织/海绵组织 Palisade tissue/spongy tissue	1.2 \pm 0.07aA	1.16 \pm 0.05aA	1.16 \pm 0.1aA	0.88 \pm 0.08bB

3.4 遮荫对不同幼苗叶片解剖结构的影响

叶片解剖结构对荫生环境的适应主要体现在表皮细胞和栅栏组织细胞的形状及其排列方式两方面。表皮形态结构表现为细胞凸透、层数减少、体积增大、细胞壁薄、常含叶绿素、表皮角质膜薄或无角质膜^[16]。这种变化可增强叶片细胞对光的捕获能力,有利于光辐射穿透叶表皮到达叶肉组织,或直接在叶片表皮中进行光化学反应,提高光合能力。而叶肉是叶片光合的主要部位,栅栏组织和海绵组织厚度、细胞层数及栅栏细胞的形态变化等组合的差异必然影响到叶绿体的分布和光合作用的效率。近方形栅栏细胞可以提高近轴面和侧面叶绿体分布的密度,增加受光面积,是植物对弱光条件的适应^[17]。本研究中3种幼苗解剖结构变化基本一致:在全光照下,上表皮细胞、栅栏组织和海绵组织排列整齐,表

皮细胞大小一致 栅栏组织细胞呈长柱状 排列紧凑 细胞内细胞器数量多而且沿内壁整齐排列; 40%、60% 和 80% 遮荫处理下, 叶片厚度减小, 上表皮细胞大小变的 不一致 栅栏组织细胞相互融合而变粗, 长度缩短 排列不整齐 细胞间隙增宽 细胞器数量大量减少 遮荫强度越大, 上述现象越明显。

参考文献:

- [1] 谢建秋, 柳新红, 王军峰, 等. 东京野茉莉引种试验初报[J]. 浙江林业科技, 2006, 26(4): 33-35.
- [2] 郑万钧. 中国树木志(第2卷) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [3] 傅立国, 陈潭清. 中国高等植物(第6卷) [M]. 青岛: 青岛出版社, 2003.
- [4] 徐京萍, 汤敏, 彭芳检. 提高东京野茉莉造林成活率的技术[J]. 国土绿化, 2009(3): 49-49.
- [5] 肖复明, 曾志光, 杨桦, 等. 东京野茉莉种子油营养成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(3): 344-348.
- [6] 骆昱春, 杨桦, 曾志光, 等. 东京野茉莉木材性质分析与利用[J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(1): 77-80.
- [7] 吴克选, 曾志光, 周小平, 等. 东京野茉莉野外调查报告[J]. 江西林业科技, 2002, (2): 25-27.
- [8] Mitchell A K, Arnoti J T, Effects of shade on the morphology and physiology of amabilis fir and western hemlock seedlings [J]. New Forests, 1995, 10: 79-98.
- [9] Khan S R, Rose R, Haase D, et al. Effects of shade on morphology, chlorophyll concentration, and chlorophyll fluorescence of four Pacific Northwest conifer species [J]. New Forests, 2000, 19: 171-186.
- [10] 薛建平, 王兴, 张爱民, 等. 遮荫对半夏光合特性的影响[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(24): 2896-2900.
- [11] 董丽华, 张春雨, 李亚东, 等. 遮荫对半高丛越橘光合特性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(3): 27-30.
- [12] Sarahjane Cookson, Christine Granier. A dynamic of the shade-induced plasticity in *Arabidopsis thaliana* rosette leaf development reveals new components of the shade-adaptive response [J]. Annals of Botany, 2006, 97: 443-452.
- [13] 蔡仕珍. 花叶细辛等四种野生观赏植物耐荫性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2005.
- [14] 唐雪辉. 四种野生地被植物耐荫性研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2006.
- [15] 吴能表, 淡锋. 不同遮荫条件下少花桂幼苗内源激素含量的季节性变化[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1999, 24(6): 674-677.
- [16] 宋金艳. 遮荫对植物光合作用高温响应的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [17] 蔡永立, 宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物的适应生态学 I. 叶片解剖特征的比较[J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 90-98.