

光胁迫对容器幼苗生长和生理生化特性的影响

吴月燕^{1,*}, 项锡娜^{1,3}, 王忠华¹, 袁冬明², 严春风²

¹浙江万里学院生物与环境学院, 浙江宁波315100; ²宁波市鄞州区林业技术管理服务站, 浙江宁波315100; ³上海海洋大学水产与生命学院, 上海201306

摘要: 以无覆盖为对照, 研究了一层膜遮荫(遮光率约30%)、二层膜遮荫(遮光率约55%)、三层膜遮荫(遮光率约80%)对一年生木荷、苦槠、湿地松、香樟、枫香、杨梅、无患子和青冈栎等容器幼苗生长和生理生化反应。试验表明一层遮荫后8种树种植株都生长健壮, 主要表现为根颈较粗、须根数量增加。容器幼苗叶片中叶绿素a/b值香樟和杨梅以一层和二层遮荫较高, 其余6种树种以一层遮荫覆盖最高。除了胞间CO₂浓度外, 8种树种不同处理间容器幼苗叶片的蒸腾速率、气孔导度和水分利用率的变化基本与净光合速率的变化呈正相关, 其中净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和水分利用率香樟和杨梅以一层和二层遮荫较高, 其余6种植物以一层遮荫最高, 但不同处理胞间CO₂浓度的变化较为复杂, 故影响不同处理的光合作用可能有气孔和非气孔的因子。容器幼苗叶片中丙二醛含量香樟和杨梅以一层遮荫和二层遮荫较低, 其余6种树种以一层遮荫最低; 8种树种不同处理间超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶活性以及还原型谷胱甘肽含量的变化基本与丙二醛含量的变化呈负相关。因此, 夏季适度遮荫能促进容器苗的生长。

关键词: 容器幼苗; 遮荫覆盖; 生长; 生理生化反应

Effects of Light Stress on the Physiological, Biochemical Characteristics and Growth of Vessel Seedling

WU Yue-Yan^{1,*}, XIANG Xi-Na^{1,3}, WANG Zhong-Hua¹, YUAN Dong-Ming², YAN Chun-Feng²

¹College of Biological and Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo, Zhejiang 315100, China; ²Forestry Management Technology Service Station of Yinzhou County, Ningbo, Zhejiang 315100, China; ³College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Taking no shading as the control, plant growth and physiological and biochemical characteristics of annual *Schima superba*, *Castanopsis sclerophylla*, *Pinus elliotii*, *Cinnamomum camphora*, *Liquidambar formosana*, *Myrica rubra*, *Sapindus mukorossi* and *Cyclobalanopsis glauca* were investigated under single-layer membrane shade (30% of full illumination), two-layer membrane shade (55% of full illumination) and three-layer membrane shade (80% of full illumination) in this study. The results showed that single-layer membrane shadow made all tested plants grow stronger, including thick root neck and increasing number of fibrous roots. The chlorophyll a/b values of *C. camphora* and *M. rubra* were the highest under single-layer or two-layer membrane shadow. Meanwhile, chlorophyll a/b values of other species were higher under single-layer membrane shadow than that of other treatments. In addition to intercellular CO₂ concentration, the changes of transpiration rate, stomatal conductance, water use efficiency of the eight species container seedlings under different treatments were positively correlated with the changes of net photosynthetic rate. It was also found that net photosynthetic rates, transpiration rates, stomatal conductance and water usage efficiency of *C. camphora* and *M. rubra* were higher under single- or two-layer membrane shadow than those of other treatments, while other six species were higher under single-layer membrane shadow than those of control and other treatments. The changes of the intercellular CO₂ concentration of containers leaves under different treatments were more complex and the changes of eight species container seedlings under different treatments of photosynthesis were related to the effects of stomatal factor and non-stomatal factors. In the container, malondialdehyde contents of leaves of *C. camphora* and *M. rubra* device were lower under single- or two-layer membrane shadow than

收稿 2013-02-27 修定 2013-03-19

资助 宁波市科技创新创业重点项目(2010C92021和2012C92020)和宁波市现代林特业发展科技专项重大项目(2007C10023)。

* 通讯作者(E-mail: wyybn2009@163.com; Tel: 0574-88222235)。

those of control and other treatments; while malondialdehyde contents in container leaves of other six species were the lowest. The enzyme activity of superoxide dismutase, catalase, peroxidase and glutathione content of eight kinds of trees leaves in the container were extremely negatively correlated with the changes of malondialdehyde contents. Therefore, moderate summer shadow treatment could promote the growth of container seedlings.

Key words: container seedling; light shading; growth; physiological and biochemical reactions

木荷、苦槠、湿地松、香樟、枫香、杨梅、无患子、青冈栎等8种树种为浙江省的乡土树种,广泛应用于山体造林和园林绿化中,实践和理论都已经证明,裸根苗在山地和土壤贫瘠中定植成活率低,而容器苗育苗能显著提高成活率(秦国峰等2000;金国庆等2005)。影响容器育苗质量的环境因子有光照、温度和湿度等。我国南方夏季强光高温是限制容器苗生长发育的关键生态因子,其中夏季强光对幼苗的生长、光合作用、蒸腾作用、呼吸作用、物资运输与合成等均会产生深刻影响,适当的遮荫有利于苗木的生长发育(赵世伟等2004;郭晋平等2009;张教林和曹坤芳2002)。遮荫对植物生长发育的影响,因植物的需光特性、遮荫程度、遮荫时期和持续时间不同而存在较大差异(Senevirathna等2003;杨莹等2010),如何选择适宜的光照条件促进容器苗的生长是国内外容器育苗技术研究的重要课题。虽然在不同光照条件下植物的生长生理方面的研究报道较多,但对木本植物容器育苗方面的研究甚少。因此,研究不同树种在不同光照条件下形态特征、光合特性以及生理生化等的反应,对培育优良的容器苗具有重要的理论指导意义。本文通过研究木荷、苦槠、湿地松、香樟、枫香、杨梅、无患子和青冈栎8种容器苗植物在不同遮荫条件下其生理化化的变化情况,探讨适合8种容器苗植物生长的遮荫条件,以期为它们的科学栽培及管理提供理论依据。

材料与方 法

1 试验材料

试验于2010年3月至2011年10月进行。研究以木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ)、苦槠 [*Castanopsis sclerophylla* (Lindl.) Schott.]、湿地松 (*Pinus elliottii* Engelm.)、香樟 [*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.]、枫香 [*Liquidambar formosana* Hance)、杨梅 [*Myrica rubra* (Lour.) Sied. et Zucc.]、无患子 [*Sapindus mukorossi* Gaertn.)]和青冈栎 [*Cy-*

clobalanopsis glauca (Thunb.) Oerst.]等8个树种的当年生幼苗为试材,试验材料来源于宁波市鄞州横街镇浙江省森源种苗中心。

2 试验设计

2010年6月15日,选择木荷、苦槠、湿地松、香樟、枫香、杨梅、无患子和青冈栎等8种当年生幼苗,幼苗的平均株高为5~6 cm,每种树种基本整齐一致,选用上口径12.5 cm、下口径9 cm、高11.5 cm的容器单株定植,基质为泥炭和谷壳的混合物(体积比为6:4),每盆盆土量为207 g,有机质38 g·kg⁻¹,碱解氮110 mg·kg⁻¹,速效磷87 mg·kg⁻¹,速效钾237 mg·kg⁻¹,pH 6.3。容器苗置于连栋大棚内,以遮阳网为覆盖材料,本试验设3个处理,分别为处理I (1层膜遮荫,遮光率约30%)、处理II (2层膜遮荫,遮光率约55%)和处理III (3层膜遮荫,遮光率约80%),以无覆盖作为对照(CK)。如果遇到雨天,连栋大棚顶部覆以塑料薄膜进行避雨,所有处理试验期间基质相对湿度保持65%左右。每种树种的每个处理50株,重复10次。遮荫试验从2011年7月1日开始,于7月1日、8月1日、9月1日、10月1日每个处理取50株观测8种树种不同处理的形态特征变化,测定光合特性各指标,采集叶片测定生理生化指标。取样采用等距取样法,即将每个树种的所有植株分成若干等分,由抽样比率决定间隔,然后按这一相等的间隔抽取样本。样本采后装入塑料袋并扎口,立即置于-80 °C的冰箱保存备用。

3 测定方法

用LA-S全能型植物图像分析仪系统统计株高、叶片数、根颈粗、须根数,每种树种的每个处理10株,重复5次。

叶绿素的含量测定采用丙酮提取分光光度法(刘萍和李明军2007)。采用CB-1102便携式光合蒸腾仪(北京渠道科学器材有限公司)于10:00~14:00期间测定植株中部叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间CO₂浓度和水分利用率,每个处理10株,重复5次,计算出测量数据的平均值。丙二

醛含量测定采用硫代巴比妥酸法(汤章城1999)。还原型谷胱甘肽的测定采用间接分光光度法(李山和陈榕峰2005)。超氧化物酶的测定采用邻苯三酚自氧化法(许申鸿等2001)。过氧化物酶的测定采用愈创木酚比色法(Wu和von Tiedemann 2002)。过氧化氢酶的测定采用高锰酸钾滴定法(刘萍和李明军2007)。

试验数据使用SPSS13.0软件进行ANVOA统计分析和Pearson相关分析。数据结果以平均数±标准差($n=3$)表示, 并进行显著性检验, 试验重复3次。

实验结果

1 光胁迫对容器幼苗生长的影响

由表1可见, 8种树种不同处理在不同遮荫条件下生长差异显著, 大部分树种适当遮荫后能使植株生长健壮, 主要表现为根颈较粗、须根数量增加。其中木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎皆以处理I生长状况优于对照和其他处理, 香樟和杨梅以处理I和处理II生长最为健壮。试验表明, 夏季适当遮荫有利于容器幼苗的生长; 除香樟和杨梅以外(可能香樟和杨梅较耐荫), 二层

表1 遮荫处理容器苗形态特征的变化

Table 1 Changes of the morphological characteristics of different plants under shading

| 树种 | 处理 | 株高/cm | 根颈粗/mm | 叶片数 | 须根数 | 生长状况 |
|-----|-----|---------|---------|--------|--------|------|
| 木荷 | CK | 10.08 | 1.934 | 26.0 | 23.0 | 中等 |
| | I | 13.40 | 2.366* | 27.2 | 29.2* | 健壮 |
| | II | 6.31** | 1.388* | 21.5* | 17.6* | 差 |
| | III | 4.52** | 1.160** | 20.4* | 15.2* | 差 |
| 苦槠 | CK | 12.90 | 1.810 | 11.2 | 47.4 | 中等 |
| | I | 13.00 | 2.460* | 13.2 | 53.0 | 健壮 |
| | II | 6.66** | 1.690* | 16.2* | 38.0* | 差 |
| | III | 6.34** | 1.430** | 14.0* | 31.2** | 差 |
| 湿地松 | CK | 25.20 | 2.018 | 124.0 | 27.4 | 一般 |
| | I | 30.45 | 4.138* | 197.2* | 36.0* | 健壮 |
| | II | 26.64 | 2.966 | 123.5 | 27.8 | 一般 |
| | III | 17.24* | 2.202 | 87.2 | 20.4 | 差 |
| 香樟 | CK | 39.00 | 4.820 | 28.6 | 50.4 | 一般 |
| | I | 51.31* | 6.380* | 35.8 | 65.2* | 健壮 |
| | II | 49.93* | 5.910* | 33.2 | 64.0* | 健壮 |
| | III | 36.52 | 4.510 | 26.6 | 49.2 | 一般 |
| 枫香 | CK | 53.00 | 3.100 | 22.0 | 42.4 | 中等 |
| | I | 55.67 | 3.980* | 25.8 | 51.0* | 健壮 |
| | II | 36.33* | 2.910 | 21.6 | 35.2 | 一般 |
| | III | 18.57** | 2.250* | 14.8* | 31.8* | 差 |
| 杨梅 | CK | 10.35 | 2.526 | 25.4 | 25.2 | 一般 |
| | I | 15.86* | 3.266* | 28.2 | 35.2* | 健壮 |
| | II | 15.60* | 3.184* | 26.0 | 32.8* | 健壮 |
| | III | 7.74* | 1.825* | 20.8 | 21.2 | 一般 |
| 无患子 | CK | 45.42 | 4.012 | 11.5 | 90.5 | 一般 |
| | I | 66.22* | 5.870 | 18.4* | 120.2* | 健壮 |
| | II | 54.00 | 4.880 | 14.6 | 95.4 | 一般 |
| | III | 31.12* | 2.440** | 9.2 | 72.0* | 差 |
| 青冈栎 | CK | 22.32 | 2.710 | 14.2 | 68.0 | 一般 |
| | I | 26.50 | 3.410* | 16.8 | 89.8* | 健壮 |
| | II | 18.57* | 2.620* | 13.4 | 62.4* | 一般 |
| | III | 7.37** | 1.930* | 12.4* | 53.4* | 差 |

健壮: 叶片浓绿, 枝茎粗壮; 中等: 叶片绿, 枝茎较粗壮; 一般: 叶片黄绿, 枝茎较细; 差: 叶片变黄, 枝茎细。每一树种*和**分别表示处理I、II、III与对照在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平的差异, 下表同。

及三层遮荫由于光照条件较差不利于容器幼苗的生长。因此, 8种容器幼苗于夏季进行一层遮荫有利于它们生长。

2 光胁迫对容器幼苗叶绿素含量的影响

由表2可看出, 8种树种遮荫覆盖后叶绿素a和叶绿素b的含量都有不同程度的增加, 可能夏季容器幼苗遮荫覆盖后叶片受强光和高温胁迫的程度下降, 有利于叶绿素的合成; 另外可能遮荫覆盖后容器幼苗叶片中叶绿素含量增加有利于利用散射光, 提高叶片的光合作用能力。但叶绿素a/b值不同树种不同处理存在较大的差异, 其中木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎皆以处理I高

于其他处理, 香樟和杨梅以处理I和处理II比值最高, 而较高的叶绿素a/b值有利于植物叶片的光合作用。

3 光胁迫对容器幼苗光合特性的影响

3.1 净光合速率的变化

由图1可见, 8种容器幼苗遮荫后净光合速率发生了变化, 其中木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎皆以处理I净光合速率高于对照和其他处理, 香樟和杨梅以处理I和处理II净光合速率较高。表明夏季适当遮荫有利于提高容器幼苗叶片光合作用的能力, 但遮荫强度增大, 可能由于光线较弱影响叶片光合作用。

表2 遮荫处理对容器苗叶片叶绿素含量的影响

Table 2 Effects of shading treatments on the content of chlorophyll in leaves of different plants

| 树种 | 处理 | 叶绿素含量/g·m ⁻² | | 叶绿素a/b |
|-----|-----|-------------------------|---------------|--------------|
| | | 叶绿素a | 叶绿素b | |
| 木荷 | CK | 0.305±0.002 | 0.146±0.001 | 2.089±0.002 |
| | I | 0.586±0.003* | 0.237±0.002* | 2.473±0.015* |
| | II | 0.527±0.003* | 0.266±0.002* | 1.981±0.150 |
| | III | 0.501±0.002* | 0.304±0.002* | 1.648±0.010* |
| 苦槠 | CK | 0.361±0.001 | 0.133±0.001 | 2.714±0.010 |
| | I | 0.560±0.001* | 0.156±0.001 | 3.590±0.010* |
| | II | 0.623±0.002** | 0.159±0.001 | 2.405±0.020 |
| | III | 0.554±0.004* | 0.247±0.003* | 2.243±0.013* |
| 湿地松 | CK | 0.249±0.003 | 0.109±0.001 | 2.284±0.030 |
| | I | 0.358±0.002* | 0.131±0.003 | 2.733±0.067* |
| | II | 0.375±0.005* | 0.154±0.002* | 2.435±0.025 |
| | III | 0.302±0.001* | 0.150±0.001* | 2.133±0.010 |
| 香樟 | CK | 0.425±0.002 | 0.167±0.002 | 2.545±0.010 |
| | I | 0.529±0.004* | 0.187±0.002 | 2.829±0.020* |
| | II | 0.595±0.003* | 0.215±0.002* | 2.767±0.015* |
| | III | 0.618±0.002* | 0.240±0.003* | 2.575±0.067 |
| 枫香 | CK | 0.409±0.004 | 0.177±0.002 | 2.311±0.020 |
| | I | 0.583±0.002* | 0.221±0.001* | 2.638±0.020* |
| | II | 0.541±0.001* | 0.255±0.001* | 2.122±0.010 |
| | III | 0.501±0.002 | 0.239±0.001* | 2.012±0.020* |
| 杨梅 | CK | 0.323±0.002 | 0.191±0.001 | 1.691±0.020 |
| | I | 0.668±0.004** | 0.254±0.002* | 2.630±0.020* |
| | II | 0.662±0.004** | 0.267±0.002* | 2.479±0.020* |
| | III | 0.569±0.003** | 0.279±0.004* | 2.039±0.075 |
| 无患子 | CK | 0.311±0.003 | 0.161±0.001 | 1.932±0.030 |
| | I | 0.742±0.003** | 0.269±0.002* | 2.758±0.150* |
| | II | 0.702±0.004** | 0.352±0.002** | 1.994±0.020 |
| | III | 0.608±0.004** | 0.333±0.002** | 1.675±0.020* |
| 青冈栎 | CK | 0.314±0.002 | 0.121±0.001 | 2.500±0.020 |
| | I | 0.549±0.004 | 0.163±0.002 | 3.368±0.020* |
| | II | 0.538±0.004** | 0.199±0.003* | 2.704±0.013 |
| | III | 0.549±0.004** | 0.285±0.003** | 1.926±0.013* |

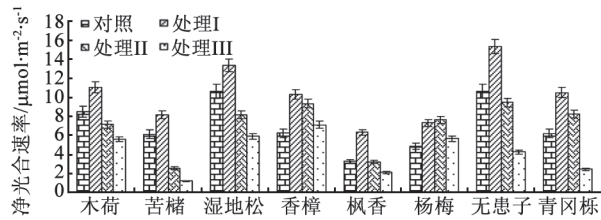


图1 遮荫处理对不同植物净光合速率的影响

Fig.1 Effects of shading on the net photosynthetic rate of different plants

3.2 蒸腾速率的变化

由图2可看出, 遮荫覆盖影响容器幼苗叶片的蒸腾速率, 木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎皆以处理I蒸腾速率高于对照和其他处理, 香樟和杨梅以处理I和处理II蒸腾速率较高, 8种容器幼苗不同处理叶片的蒸腾速率基本上与净光合速率呈正相关。可能强光照和较高的叶温影响叶片气孔开放, 反而降低了叶片的蒸腾速率; 一层遮荫覆盖后虽然光照强度下降, 但光照条件可能并不影响叶片气孔开放, 适宜的叶温有利于提高叶片的蒸腾速率; 但光线太弱影响叶片气孔开放, 降低叶片的蒸腾速率。

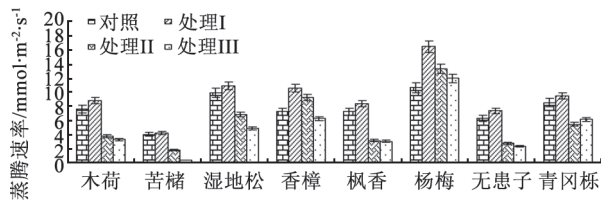


图2 遮荫处理对不同植物蒸腾速率的影响

Fig.2 Effects of shading on the transpiration rate of different plants

3.3 气孔导度的变化

由图3可见, 遮荫覆盖后8种容器幼苗叶片的气孔导度发生变化, 其中木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎皆以处理I气孔导度高于对照和其他处理, 香樟和杨梅以处理I和处理II气孔导度较高, 8种容器幼苗不同处理叶片的气孔导度也基本上与净光合速率呈正相关。可能强光和较高的叶温以及较弱的光照皆增加了叶片气孔的阻力, 气孔导度下降。

3.4 胞间CO₂浓度的变化

如图4所示, 不同处理8种容器幼苗的胞间CO₂

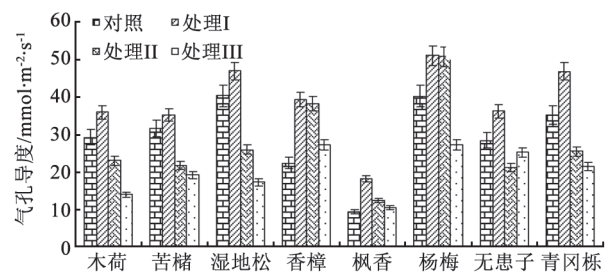


图3 遮荫处理对不同植物气孔导度的影响

Fig.3 Effects of shading on the stomatal conductance of different plants

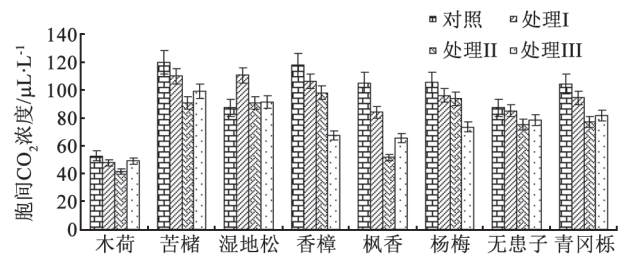


图4 遮荫处理对不同植物胞间CO₂浓度的影响

Fig.4 Effects of shading on the intercellular CO₂ concentration of different plants

浓度变化比较复杂, 除了湿地松外, 7种容器幼苗对照的胞间CO₂浓度都高于遮荫处理; 苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎容器幼苗叶片中的胞间CO₂浓度处理I高于处理II和处理III, 以处理II最低; 香樟和杨梅容器幼苗叶片中的胞间CO₂浓度处理I高于处理II, 以处理III最低。因此, 8种容器幼苗不同处理光合作用发生变化可能有气孔的因子也有非气孔的因子影响。

3.5 水分利用率的变化

如图5所示, 木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎皆以处理I水分利用率高于对照和其

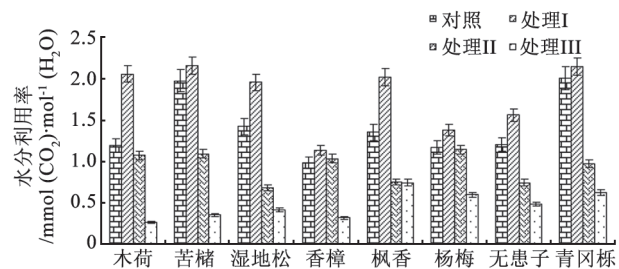


图5 遮荫处理对不同植物水分利用率的影响

Fig.5 Effects of shading on the water use efficiency of different plants

他处理, 香樟和杨梅以处理I和处理II水分利用率较高, 8种容器幼苗不同处理叶片的水分利用率基本上与气孔导度和蒸腾速率呈正相关。

4 光胁迫对容器幼苗叶片丙二醛和保护酶的影响

4.1 丙二醛含量的变化

叶片中丙二醛(MDA)含量的高低是细胞膜系统结构遭受破坏的重要指标之一。由图6可见, 木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎容器幼苗叶片中丙二醛含量皆以处理I低于对照和其他处理, 香樟和杨梅容器苗叶片中以处理I和处理II含量较低; 所有树种对照和处理III叶片中的丙二醛含量都较高, 表明夏季强光照对容器叶片造成伤害, 但太弱的光照也会加快容器苗生物膜的损伤。

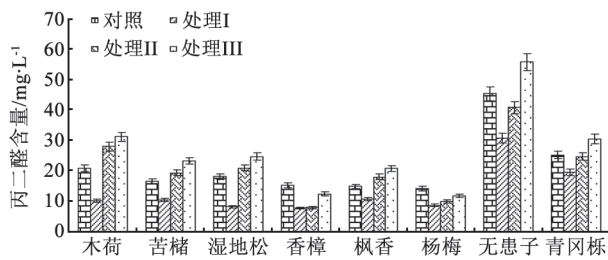


图6 遮荫处理对不同植物丙二醛含量的影响

Fig.6 Effects of shading on the MDA contents of different plants

4.2 超氧化物歧化酶活性的变化

超氧化物歧化酶(SOD)是植物体内防御自由基毒害的关键酶, 它的活性与植物生长发育密切相关。如图7所示, 适度遮荫能诱导容器幼苗叶片中SOD酶的活性, 所有树种以处理I容器幼苗叶片中的SOD酶活性较高; 除了木荷、苦槠和枫香外, 其他树种处理II容器幼苗叶片中SOD活性也高于对照; 除了香樟外, 其他树种处理III遮荫容器幼苗

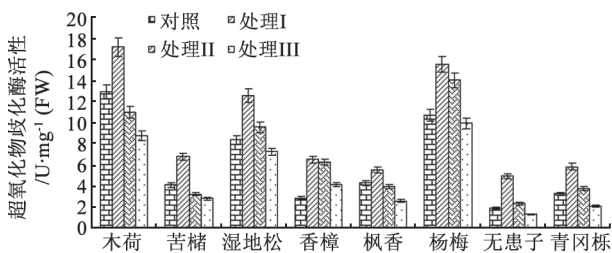


图7 遮荫处理对不同植物超氧化物歧化酶活性的影响

Fig.7 Effects of shading on the SOD activity of different plants

叶片中SOD活性低于对照。SOD活性提高能减少叶片内自由基的伤害, 因此, 容器幼苗夏季适度遮荫能促进容器苗的生长; 但遮荫强度增大, 大部分树种叶片受伤害程度反而增强。

4.3 还原型谷胱甘肽含量的变化

还原型谷胱甘肽(GSH)是胞内代谢过程和植物遭受氧化胁迫时产生的过氧化物的最有效的清洁剂之一。如图8所示, 所有树种处理I容器幼苗叶片中的还原型谷胱甘肽含量高于对照和其他处理; 除枫香和苦槠外, 处理II容器幼苗叶片中的还原型谷胱甘肽含量高于对照和其他处理; 无患子和杨梅处理III容器幼苗叶片中的还原型谷胱甘肽含量高于对照。8种树种不同处理叶片中还原型谷胱甘肽含量的变化表明夏季适度遮荫有利于容器苗的生长, 过强和过弱的光照容器幼苗抗逆能力下降。

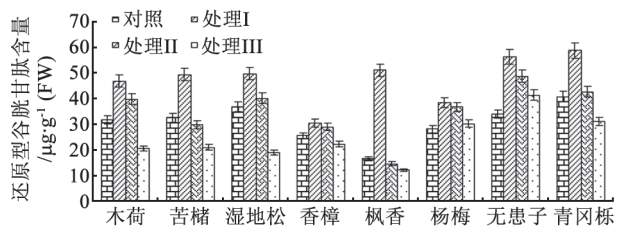


图8 遮荫处理对不同植物还原型谷胱甘肽含量的影响

Fig.8 Effects of shading on the reduced glutathione content of different plants

4.4 过氧化物酶活性的变化

过氧化物酶(POD)是植物体内一类氧化还原酶, 与呼吸作用、光合作用及生长素的氧化等都有关系, 并具有消除过氧化氢的作用。由图9可见, 所有树种处理I容器幼苗叶片中的过氧化物酶活性高于对照和其他处理; 除香樟和湿地松容器幼苗处理II外, 处理II和处理III容器幼苗叶片中的过氧化物酶活性低于对照, 表明光照太弱也不利于过氧化物酶活性的维持或合成。

4.5 过氧化氢酶活性的变化

过氧化氢酶(CAT)是植物体内主要的抗氧化酶之一, 可以催化过氧化氢的分解。由图10可看出, 除了香樟和杨梅外, 其他树种处理I容器幼苗叶片中的过氧化氢酶活性高于对照和其他处理, 处理II和处理III低于对照; 而香樟和杨梅容器幼苗叶

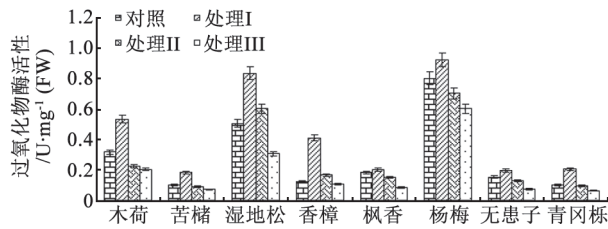


图9 遮荫处理对不同植物过氧化物酶活性的影响
Fig.9 Effects of shading on the peroxidase activity of different plants

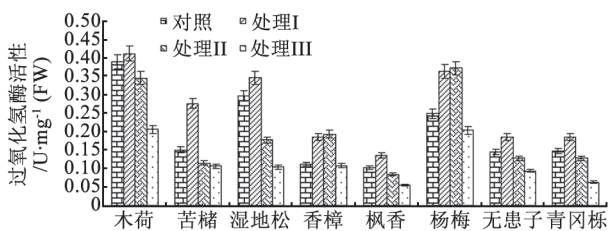


图10 遮荫处理对不同植物过氧化氢酶活性的影响
Fig.10 Effects of shading on the catalase activity of different plants

片内过氧化氢酶活性处理I和处理II差异不显著,且高于对照和处理III,表明强光和弱光都不利于容器幼苗叶片内的过氧化氢酶活性的提高。

讨 论

1 光胁迫对容器幼苗生长和光合特性的影响

植物的生长情况与光照强度有一定的关系,植物对光的适应常表现在光合特性以及生物化学的改变,进而改变植物的生长和结构。Kim等(2011)研究表明光强高于阳光的60%时,可以较好地确保蓝莓的产量,王云贺等(2010)研究表明30%遮荫处理有利于东北铁线莲的生长发育,本研究结果也表明,夏季适度遮荫覆盖有利于容器幼苗的生长,木荷、苦楮、湿地松、枫香、无患子、青冈栎较为喜光,一层遮荫下生长良好,香樟和杨梅耐荫性较强,一层和二层遮荫下生长健壮,而无遮荫和多层遮荫8种树种生长都受到一定程度的抑制。叶绿素a/b值是植物耐荫性的重要指标之一(胡海姿等2007),本试验表明,一层遮荫叶绿素a、叶绿素b与叶绿素a/b值皆增加,表明夏季适度遮荫能提高叶片的光合作用能力,可能与遮荫覆盖后叶片受强光和高温胁迫的程度下降有关;但遮荫强度增加,大部分容器幼苗叶绿素a/b值下

降,表明过度遮荫将降低光能转化能力。进一步测定8种树种容器幼苗不同处理间的光合特性得到证明,8种树种容器幼苗叶片一层遮荫皆具有较高的光合速率,不遮荫和过度遮荫都可能导致容器幼苗叶片光合速率下降。8种树种不同处理之间蒸腾速率、气孔导度和水分利用率的变化基本与光合速率成正比,但胞间CO₂浓度的变化比较复杂,可能不同处理之间光合速率的差异有气孔和非气孔因子造成。

2 光胁迫对容器幼苗叶片丙二醛含量和抗氧化酶系统的影响

丙二醛是生物膜系统脂质过氧化作用的主要产物之一,其含量的高低常被作为反映细胞膜脂质过氧化作用强弱和质膜破坏程度的一个重要指标(阎秀峰等1999)。本研究结果表明,所有处理以一层遮荫容器幼苗中的丙二醛含量较低,无遮荫和三层遮荫都较高,丙二醛含量的积累可能因为植物在强光照或低光照下,破坏了细胞正常的生理活动,光合作用的减弱和无氧呼吸的增加,自由基的产生和清除系统不适应,累积过多自由基。另外,周曙光等(2010)对牡丹的研究都表明了植物中丙二醛的含量在植物器官衰老或逆境下升高。说明8种植物在强光和弱光胁迫下,植物体内都可能发生了脂质过氧化反应。

植物体内存在着一套系统,负责清除活性氧的产生。在植物正常生长情况下,它能使活性氧的产生和清除处于动态平衡,但在逆境下,抗氧化系统清除活性氧能力降低,平衡被打破,导致活性氧物质(ROS)的产生(Grant和Loake 2000; Polle 2001; Allen 1995)。ROS包括羟基、过氧化氢等,其可以破坏细胞膜、叶绿体色素、脂质等(Fang和Kao 2000)。为了克服这些氧化性损伤,植物体内有许多抗氧化酶。抗氧化酶类包括对活性氧直接起作用的超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶等。在一定的范围内,SOD和CAT共同作用能把O₂⁻和H₂O₂转化成H₂O和O₂,并且能减少具有毒性的·OH的形成,POD和CAT可以使体内某些氧化酶的毒性产物H₂O₂分解,阻止其对膜脂的攻击,而发生氧化的过程,清除植物体内产生的活性氧(Scandalios 1993; Aravind和Prasad 2003; Yang等2008)。SOD作为植物抗氧化系统的第一道防线,普遍存在于生物体中(Alscher等2002)。谷胱甘肽

普遍存在于植物体内,在组织抗氧化特性维持和对氧化还原敏感的信号传导的调节中起着关键性的作用。还原型谷胱甘肽含量的高低与植物对各种生物异源物资及生物非生物环境胁迫的忍耐密切相关,是胞内代谢过程和植物遭受氧化胁迫时产生的过氧化物的最有效的清洁剂之一。试验结果表明,一层遮荫使8种植物容器幼苗叶片内的超氧化物酶、过氧化物酶和过氧化氢酶的活性升高,而无遮荫和三层遮荫的其活性相对较低,表明强光和弱光逆境都会使植物体内超氧化物酶、过氧化物酶、过氧化氢酶的活性减小。进一步测定8种容器幼苗叶片中谷胱甘肽含量,发现其变化与超氧化物酶、过氧化物酶和过氧化氢酶的变化规律相似,以一层遮荫8种植物容器幼苗叶片内谷胱甘肽含量较高,无遮荫和三层遮荫的其活性较低。本试验的研究结果表明,随着光照胁迫强度的增加,8种容器幼苗内的还原型谷胱甘肽的含量均出现先增高后降低的现象,与李美茹等(2001)对光照强度调控4种亚热带森林植物叶片的抗氧化能力的研究相同,叶片中GSH含量随着光照强度的减弱而减少,高光强能提高叶片的抗氧化能力,弱光照则有削弱抗氧化能力,反映在植物叶片中内源抗氧化剂含量因光强的降低而减少。

综上所述,本试验中木荷、苦槠、湿地松、枫香、无患子和青冈栎的容器幼苗一层遮荫有利于其生长,香樟和杨梅的容器幼苗一层和二层遮荫有利于其生长,无遮荫或遮荫强度皆不利于它们生长。因此,在我国南方地区,夏季适度遮荫能促进容器苗的生长,在生产实践中,可以根据不同树种的生长习性,适当调控光照强度以促进容器苗的生长。

参考文献

- 郭晋平,李海波,刘宁,张芸香(2009). 华北落叶松和白杆幼苗对光照和竞争响应的差异比较. 林业科学, 45 (2): 53~59
- 胡海姿,张睿,尚爱芹,赵梁军,陆志敏(2007). 金叶植物色素含量对光强的响应. 园艺学报, 34 (3): 717~722
- 金国庆,周志春,胡红宝,余琳,王月生,洪桂木(2005). 3种乡土阔叶树种容器育苗技术研究. 林业科学研究, 18 (4): 387~392
- 李美茹,王以柔,刘鸿先,林植芳(2001). 光照强度调控4种亚热带森林植物叶片的抗氧化能力. 植物生态学报, 25 (4): 460~464
- 李山,陈榕峰(2005). 间接分光光度法测定还原型谷胱甘肽. 化学分析剂, 14 (6): 15~16
- 刘萍,李明军(2007). 植物生理学实验技术. 北京: 科学出版社, 39~42, 125~130
- 秦国峰,吴天林,金国庆,鄢振武,陈高杰,蔡忠明(2000). 马尾松舒根型容器苗培育技术研究. 浙江林业科技, 20 (1): 68~73
- 汤章城(1999). 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 305~306
- 王云贺,韩志明,韩梅,杨利民(2010). 遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响. 生态学报, 30 (24): 6762~6770
- 许申鸿,杭瑚,李运平(2001). 超氧化物歧化酶邻苯三酚测活法的研究及改进. 化学通报, (8): 516~519
- 阎秀峰,李晶,祖元刚(1999). 干旱胁迫对红松幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影响. 生态学报, 19 (6): 850~854
- 杨莹,王传华,刘艳红(2010). 光照对鄂东南2种阔叶树种幼苗生长、光合特性和生物量分配的影响. 生态学报, 30 (22): 6082~6090
- 张教林,曹坤芳(2002). 光照对两种热带雨林树种幼苗光合能力、热耗散和抗氧化系统的影响. 植物生态学报, 26 (6): 639~646
- 赵世伟,刘东焕,张佐双,高荣孚,刘玉军(2004). 夏季温室遮荫对榕树和三雄蕊槟榔光合作用的影响. 林业科学, 40 (6): 50~55
- 周曙光,孔祥生,张妙霞,王丽亚,王福云,周桂勤(2010). 遮光对牡丹光合及其他生理生化特性的影响. 林业科学, 46 (2): 56~60
- Allen RD (1995). Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol*, 107: 1049~1054
- Alscher RG, Erturk N, Heath LS (2002). Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *J Exp Bot*, 53 (372): 1331~1341
- Aravind P, Prasad MNV (2003). Zinc alleviates cadmium-induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* L.: a free floating freshwater macrophyte. *Plant Physiol Biochem*, 41: 391~397
- Fang WC, Kao CH (2000). Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc. *Plant Sci*, 158: 71~76
- Grant JJ, Loake GJ (2000). Role of reactive oxygen intermediates and cognate redox signaling in disease resistance. *Plant Physiol*, 124: 21~29
- Kim SJ, Yu DJ, Kim TC, Lee HJ (2011). Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. *Sci Hortic*, 129: 486~492
- Polle A (2001). Dissecting the superoxide dismutase-ascorbate-glutathione-pathway in chloroplasts by metabolic modeling. Computer simulations as a step towards flux analysis. *Plant Physiol*, 126: 445~462
- Scandalios JG (1993). Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiol*, 101 (1): 7~12
- Senevirathna AMWK, Stirling CM, Rodrigo VHL (2003). Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. *Tree Physiol*, 23 (10): 705~712
- Wu YX, von Tiedemann A (2002). Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone. *Environ Pollut*, 116: 37~47
- Yang Y, Han C, Liu Q, Lin B, Wang JW (2008). Effect of drought and low light on growth and enzymatic antioxidant system of *Picea asperata* seedlings. *Acta Physiol Plant*, 30: 433~440