

不同透光率和土壤含水量对夏蜡梅枝条生长量及叶片部分生理指标的影响

陈香波^{1,2}, 田旗³, 张丽萍^{1,4}, 金荷仙^{4,5}, 张启翔²

(1. 上海市园林科学研究所, 上海 200232; 2. 北京林业大学园林学院 国家花卉工程技术研究中心, 北京 100083;
3. 上海辰山植物园, 上海 201602; 4. 浙江林学院园林学院, 浙江 临安 301300; 5. 中国园林杂志社, 北京 100835)

摘要: 采用盆栽实验方法,研究了不同透光率(100%、50%、25%和15%)和土壤含水量(10%、25%、45%和65%)对夏蜡梅(*Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang)枝条生长量和叶片部分生理指标的影响,并对枝条生长量和叶片各生理指标间的相关性进行了分析。结果表明:在土壤含水量10%或全光照(透光率100%)条件下,夏蜡梅枝条生长量和叶片的叶绿素含量最低,MDA和可溶性糖含量以及SOD和POD活性均较高,脯氨酸和可溶性蛋白质含量最高;在透光率50%和25%或土壤含水量25%和45%的条件下,枝条生长量和叶片的叶绿素含量提高,其他各项生理指标则有所降低;在透光率15%或土壤含水量65%的条件下,枝条的生长量和叶片叶绿素含量略有减小,其他各项生理指标则有所提高。总体上,随透光率的提高和土壤含水量的减小,夏蜡梅枝条生长量和叶片叶绿素含量呈逐渐减小的趋势,其他各项生理指标呈逐渐提高的趋势。透光率和土壤含水量对夏蜡梅枝条生长量及叶片的生理指标有交互作用,遮阳可在一定程度上缓解土壤干旱胁迫对夏蜡梅的伤害,增加土壤含水量也可在一定程度上缓解强光照对夏蜡梅的伤害;但透光率过低(15%)或土壤含水量过高(65%)则不利于夏蜡梅的生长。相关性分析结果表明,枝条生长量与叶片POD活性、脯氨酸和MDA含量呈极显著的负相关($P < 0.01$),说明在胁迫条件下叶片这3项指标的变化与夏蜡梅枝条生长紧密相关,可通过这些指标判定夏蜡梅对其生境的适应程度。根据实验结果推测,在夏季高温阶段,夏蜡梅适宜在透光率50%、土壤含水量45%的生境中生长,在上海地区种植夏蜡梅应适当配植乔木和地被植物。

关键词: 夏蜡梅; 透光率; 土壤含水量; 枝条生长量; 生理指标; 相关性分析

中图分类号: Q948.11; S685.99 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)04-0070-08

Influences of different transmittance and water contents in soil on branch increment and some physiological indexes in leaf of *Sinocalycanthus chinensis* CHEN Xiang-bo^{1,2}, TIAN Qi³, ZHANG Li-ping^{1,4}, JIN He-xian^{4,5}, ZHANG Qi-xiang² (1. Shanghai Landscape Gardening Research Institute, Shanghai 200232, China; 2. National Engineering Research Center for Floriculture, College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Chen Shan Shanghai Botanical Garden, Shanghai 201602, China; 4. School of Landscape Architecture, Zhejiang Forestry University, Lin'an 301300, China; 5. Editorial Department of Chinese Landscape Architecture, Beijing 100835, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19(4): 70-77

Abstract: The influences of different transmittance (100%, 50%, 25% and 15%) and different water contents in soil (10%, 25%, 45% and 65%) on branch increment and some physiological indexes in leaf of *Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang were researched by pot experiment method, and the correlation among branch increment and physiological indexes in leaf was also analyzed. The results show that under 10% water content in soil or full illumination (100% transmittance) conditions, the branch increment and chlorophyll content in leaf of *S. chinensis* is the lowest, contents of MDA and soluble sugar, activities of SOD and POD all are higher, and contents of proline and soluble protein are the highest. Under the conditions with 50% and 25% transmittance or 25% and 45% water contents in

soil, the branch increment and chlorophyll content in leaf increase, while other indexes all decrease to some extent. Under the conditions with 15% transmittance or 65% water content in soil, the branch increment and chlorophyll content in leaf decrease slightly, while other indexes all increase to some extent. In general, with enhancing of transmittance or reducing of water content in soil, the branch increment and chlorophyll content in leaf appear the trend of decreasing gradually, while other indexes all appear the trend of increasing gradually. The transmittance and water content in soil have the alternate effects on the branch increment and physiological indexes in leaf of *S. chinensis*, and the shading can reduce the injury of soil drought stress on *S. chinensis* to a certain extent while increasing of water content in soil can also reduce the injury of strong light on *S. chinensis* to a certain extent. But too low transmittance (15%) or too high water content in soil (65%) are unfavorable to growth of *S. chinensis*. The correlation analysis result shows that there are extremely significant negative correlation of the branch increment with POD activity, proline content and MDA content ($P < 0.01$), indicating that the branch increment of *S. chinensis* is closely related to the change of these three indexes in stress environment, therefore, the adapt degree of *S. chinensis* to habitat can be judged by means of above three indexes. According to these experiment results, it is conjectured that *S. chinensis* is suitable for growing in the habitat with 50% transmittance and 45% water content in soil under high temperature in summer and should be planted together with arbors and ground cover plants in Shanghai area.

Key words: *Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang; transmittance; water content in soil; branch increment; physiological index; correlation analysis

夏蜡梅(*Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang)为蜡梅科(Calycanthaceae)夏蜡梅属(*Sinocalycanthus* L.)落叶灌木,属国家二级保护植物,是第三纪孑遗种。夏蜡梅的花期为5月至6月,花较大(花径4.5~7 cm),花型独特、观赏价值高。自20世纪60年代被发现以来,夏蜡梅受到国内外学者的广泛关注^[1-2]。夏蜡梅的自然分布区非常狭窄,仅限于中国浙江的临安和天台等地。由于生境破坏及种群衰退等原因,其野生资源受到严重威胁,亟待采取适当的人工措施扩大种群数量或实施迁地保护策略。另外,作为中国特有的珍稀野生花卉,夏蜡梅具有较广泛的园林开发前景,与分布于北美的美国蜡梅(*Calycanthus floridus* L.)杂交可培育出新品种^[3-4],表明其在蜡梅科园林观赏植物花型及花色改良方面具有一定的育种价值。

在进行夏蜡梅的引种及迁地保护时,必须充分考虑引种地或保护地与原产地的生态差异,了解适于其生长的生态需求,以创造适宜生境,保证引种成功。野生状态下夏蜡梅多生长于海拔400 m以上的溪谷林区,在林下阴湿环境中分布较多,但其在皆伐迹地上也可成片生长^[5],说明夏蜡梅具有一定的适应强光的能力;夏蜡梅对水分的要求较高,在海拔较低、夏季高温高湿的区域,其叶片在强光下有灼伤现象,在暴雨后排水不畅或土壤过湿情况下其根系易受损或出现整株死亡的现象。因此,有必要开展夏蜡梅生

长过程中生理生态学特性的研究,摸清适宜其生长的生态条件,为夏蜡梅的园林栽培和应用奠定理论基础。

作者设置了不同透光率及土壤含水量处理以期模拟自然群落中的全光、林缘和林下光照或水湿环境,研究夏蜡梅枝条生长量,叶片叶绿素、丙二醛(MDA)、脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质含量以及过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化,并对各指标之间的相关性进行分析,为研究夏蜡梅对不同光照和水分条件的生长和生理响应以及筛选适合的栽培条件提供基础研究资料。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

研究地点位于上海市徐汇区上海市园林科学研究所实验区内,地处东经121°26'、北纬31°12';属北亚热带季风气候;年平均气温15.5℃,最冷月(1月)平均气温3.4℃,最热月(7月)平均气温27.5℃,极端最高温度40.2℃;年平均无霜期228 d;年平均降雨量1 149.8 mm,年平均降水日数131 d。冬季寒冷干燥、夏季温暖湿润,地下水位较高,土壤偏碱性(pH值大于8.0)。

1.2 材料

选择3年生夏蜡梅实生苗(来源于浙江临安)48

株,株高 50~70 cm,每株有 3~5 个分枝,生长状况良好。于 2008 年 3 月中旬在芽萌动前移至约 22.5 L 的塑料种植盆中,栽培介质为等体积园土、草炭和山泥的混合基质。栽培土壤中含有有机质 22.96%、水解氮 $0.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $0.01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $0.19 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、盐分 0.094%;土壤电导值 $0.34 \text{ ms} \cdot \text{cm}^{-1}$;田间持水量 65%;土壤酸碱度为 pH 6.5。

1.3 方法

1.3.1 处理方法 在实验地上搭置拱棚,顶部采用无滴塑料薄膜覆盖以遮挡雨水,并根据实验设定的不同透光率要求在棚顶覆盖不同的黑色遮阳网。采用双因子 4 水平实验设计。实验设定 4 个遮光水平:透光率为 100%,即全光照(无遮阳网);透光率 50%,即覆盖 1 层遮阳率 50% 的遮阳网;透光率 25%,即覆盖 1 层遮阳率 75% 的遮阳网;透光率 15%,即将遮阳率分别为 50% 和 75% 的遮阳网各 1 层叠加覆盖。在每一遮光处理中分别设定 4 个土壤含水量水平:10%、25%、45% 和 65% (土壤饱和含水量),通过饱和称重法维持其水分含量,每天 18:00 称取盆重,补充当天损失的水分,使各处理的土壤含水量保持恒定。实验于 2008 年 6 月 15 日开始,每一处理 3 个单株,每个单株即为 1 次重复。

1.3.2 各项指标的测定方法 实验开始时在每一单株上标记长势一致的 2 年生枝条 3 条并测定初始长度,2 个月后再分别测定上述枝条的长度,计算枝条生长量;处理 2 个月后(即 8 月 15 日)分别采集植株的第 3 至第 8 位功能叶片测定相关的生理指标,各指标的测定均参照李合生^[6]的方法进行。脯氨酸含量测定采用磺基水杨酸法;过氧化物酶(POD)活性测

定采用愈创木酚比色法;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用 NBT 法;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸比色法;叶绿素含量测定采用乙醇提取法;可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝染色法。

1.4 数据处理

利用 DPS 软件对实验数据进行 ANOVA 方差分析及各指标间的相关性分析^[7],多重比较分析采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果和分析

2.1 不同透光率和土壤含水量对夏蜡梅枝条生长量及一些生理指标的影响

2.1.1 对枝条生长量的影响 不同透光率和土壤含水量对夏蜡梅枝条生长量的影响见表 1。由表 1 可见,在所有光照处理中,全光照(透光率 100%)条件下夏蜡梅枝条的生长量最低,枝条的平均生长量仅 7.76 mm;适度遮阳(透光率 50% 和 25%)条件下,枝条的平均生长量增加;过度遮阳(透光率 15%)条件下,枝条的平均生长量稍有减少。说明强光和过于弱的光照条件对夏蜡梅枝条的生长不利。在同一透光率条件下,土壤含水量不同的处理中夏蜡梅枝条的生长量不同。其中,土壤含水量 10% 的各处理组的枝条生长量均最低或较低;在透光率为 100%、50% 和 15% 的各处理组中,均以土壤含水量 45% 的处理组枝条生长量最大或接近最大;在透光率 25% 的各处理组中,以土壤含水量 25% 的处理组枝条生长量最大。

表 1 不同透光率和土壤含水量对夏蜡梅枝条生长量的影响($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 1 Effects of different transmittance and different water contents in soil on branch increment of *Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

透光率/% Transmittance	不同土壤含水量处理组的枝条生长量/mm Branch increment in treatment group with different water contents in soil				
	10%	25%	45%	65%	平均值 Average
100	7.19±0.20Bc	6.49±0.19Dc	9.11±0.05Ba	8.24±0.09Cb	7.76±1.05
50	8.69±0.39Ac	9.66±0.54Cb	15.14±0.36Aa	15.65±0.18Aa	12.29±3.29
25	8.26±0.18Ad	15.99±0.20Aa	14.63±0.25Ab	11.07±0.54Bc	12.49±3.18
15	8.51±0.27Ad	12.44±0.27Bb	14.66±0.49Aa	10.50±0.31Bc	11.53±2.40
平均值 Average	8.16±0.65	11.15±3.66	13.38±2.60	11.36±2.82	11.02±2.43

¹⁾ 同列中不同的大写字母表示在同一土壤含水量条件下透光率不同的处理组间有极显著差异($P < 0.01$) Different capitals in the same column indicate the extremely significant difference among treatment groups with different transmittance under same water content in soil($P < 0.01$); 同行中不同的小写字母表示在同一透光率条件下土壤含水量不同的处理组间有极显著差异($P < 0.01$) Different small letters in the same row indicate the extremely significant difference among treatment groups with different water contents in soil under same transmittance condition($P < 0.01$).

可见,随透光率的减弱,土壤蒸发量减少,夏蜡梅枝条生长过程中对水分的需求也相应减少;而强光照和土壤干旱对夏蜡梅枝条的生长均有不利影响。差异显著性分析结果表明,透光率 15%~50% 的各处理组枝条的生长量均极显著高于透光率 100% 的各处理组,土壤含水量不同的各处理组间枝条的生长量大多有极显著差异;总体而言,透光率和土壤含水量对夏蜡梅枝条生长量有极显著影响 ($P<0.01$),两者间存

在交互作用。在透光率和土壤含水量的共同作用下,在透光率 25%、土壤含水量 25% 的条件下,夏蜡梅枝条的生长量最大(15.99 mm)。

2.1.2 对一些生理指标的影响 不同透光率和土壤含水量条件下夏蜡梅叶片叶绿素、丙二醛(MDA)和脯氨酸含量的变化见表2;过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性以及可溶性糖和可溶性蛋白质含量的变化见表3。

表2 不同透光率和土壤含水量对夏蜡梅叶片叶绿素、MDA 和脯氨酸含量的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 2 Effects of different transmittance and different water contents in soil on contents of chlorophyll, MDA and proline in leaf of *Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

透光率/% Transmittance	土壤含水量/% Water content in soil	叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Chlorophyll content	MDA 含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ MDA content	脯氨酸含量/ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ Proline content
100	10	1.51±0.01Aa	8.85±0.01Aa	37.33±1.15Aa
100	25	1.57±0.06Ba	9.21±0.10Aa	33.33±0.58Ab
100	45	1.68±0.06Ba	4.91±0.10Ab	25.33±1.15Ac
100	65	1.64±0.04Aa	5.51±0.40Ab	21.33±0.58Ad
50	10	1.54±0.02Ab	6.18±0.16Bb	19.67±0.15Ca
50	25	2.23±0.07Aa	7.77±0.65Ba	18.00±0.00Ba
50	45	1.87±0.03ABb	4.43±0.25Ac	12.33±1.15Bb
50	65	1.55±0.03Ab	4.13±0.01BCc	13.67±1.15Cb
25	10	1.51±0.26Ab	5.89±0.40Ba	27.67±2.08Ba
25	25	1.65±0.55Bb	4.19±0.18Cb	17.67±0.58Bc
25	45	2.22±0.01Aa	3.00±1.32Bc	12.00±0.00Bd
25	65	1.73±0.03Ab	4.80±0.14ABab	22.67±1.53Ab
15	10	1.56±0.09Ab	3.76±1.32Ca	29.00±0.00Ba
15	25	1.85±0.06Bab	3.57±0.10Ca	17.33±0.58Bb
15	45	2.08±0.05Aa	3.09±0.18Ba	13.67±0.58Bc
15	65	1.92±0.01Aab	3.20±0.02Ca	18.33±1.53Bb

¹⁾ 同列中不同的大写字母表示在同一土壤含水量条件下透光率不同的处理组间有极显著差异 ($P<0.01$) Different capitals in the same column indicate the extremely significant difference among treatment groups with different transmittance under same water content in soil ($P<0.01$); 同列中不同的小写字母表示在同一透光率条件下土壤含水量不同的处理组间有极显著差异 ($P<0.01$) Different small letters in the same column indicate the extremely significant difference among treatment groups with different water contents in soil under same transmittance condition ($P<0.01$).

2.1.2.1 对叶绿素含量的影响 表2结果显示,降低透光率可以极显著提高夏蜡梅叶片的叶绿素含量 ($P<0.01$),而在全光照(透光率 100%)条件下叶片的叶绿素含量最低,与其他3个透光率处理组间的差异明显。在不同土壤含水量处理组中,土壤含水量 10% 处理组的叶绿素含量最低。经过综合比较可见,在土壤含水量 25%、透光率 50% 的条件下,夏蜡梅叶片叶绿素含量达到最大值($2.23\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$),在土壤含水量 45%、透光率分别为 25% 和 15% 的2个处理组中叶绿素含量也较高(2.22 和 $2.08\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$);总体上,土壤含水量 65% 的各处理组夏蜡梅叶片的叶绿素含量较土壤含水量 45% 的各处理组有所下降。

2.1.2.2 对丙二醛(MDA)含量的影响 高温和干旱

胁迫对植物的伤害主要是产生超量的自由基,植物体内活性氧的增加可引起叶片光合作用的光抑制以及光氧化伤害,导致膜脂过氧化,致使 MDA 含量升高^[8]。由于本实验各指标的测定时期正值夏季高温期间(日最高温度 $33\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 37\text{ }^{\circ}\text{C}$),因而,空气和土壤干旱严重抑制夏蜡梅的正常生长。表2的测定数据表明,在土壤干旱胁迫条件下(土壤含水量 10%),随透光率的降低,夏蜡梅的 MDA 含量逐渐减少,说明遮阴能在一定程度上缓解夏蜡梅体内因干旱而引起的膜脂过氧化伤害。总体上看,在各土壤含水量处理水平下,夏蜡梅叶片中 MDA 含量基本上表现出随透光率的降低逐渐减少的趋势;而在透光率一致各处理组中,以土壤含水量 45% 的处理组 MDA 含量降低明

显,土壤含水量增至 65% 时 MDA 含量则有所增加,说明土壤过湿引起的根系缺氧和呼吸困难同样也会引发膜脂过氧化伤害。

2.1.2.3 对脯氨酸含量的影响 表 2 的数据表明,透光率对夏蜡梅叶片脯氨酸含量总体上有极显著影响($P<0.01$)。全光照(透光率 100%)条件下叶片脯氨酸含量最高,而在透光率 50% 的条件下脯氨酸含量最低,透光率继续降低则脯氨酸含量略为增加。适度的土壤含水量可在一定程度上缓解强光照对夏蜡梅

造成的胁迫伤害。在全光照(透光率 100%)的各处理组中,随土壤含水量的增加,脯氨酸含量逐渐减少;而在透光率 50%、25% 和 15% 的各处理组中,夏蜡梅叶片脯氨酸含量变化趋势基本一致,表现为:在土壤含水量 10% 的条件下脯氨酸含量最高,在土壤含水量 45% 的条件下脯氨酸含量最低,土壤过湿(土壤含水量 65%)条件下脯氨酸含量有所增加。说明夏蜡梅不适宜含水量过高的土壤环境,在栽培过程中应予以适当的水分供应,不可过干或过湿。

表 3 不同透光率和土壤含水量对夏蜡梅叶片 POD 和 SOD 活性及可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 3 Effects of different transmittance and different water contents in soil on activities of POD and SOD, contents of soluble sugar and soluble protein in leaf of *Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

透光率/% Transmittance	土壤含水量/% Water content in soil	POD 活性/ $U \cdot g^{-1}$ POD activity	SOD 活性/ $U \cdot g^{-1}$ SOD activity	可溶性糖含量/ $\mu g \cdot g^{-1}$ Soluble sugar content	可溶性蛋白质含量/ $mg \cdot g^{-1}$ Soluble protein content
100	10	72.26±3.54Aa	170.02±26.25Aa	79.60±19.23ABa	83.23±3.54Aa
100	25	41.46±0.45Ad	119.04±7.89Ab	70.71±15.25Aab	80.59±14.56Aa
100	45	46.53±2.22Ac	57.81±7.30Bc	54.11±4.52Ab	70.72±1.91Ab
100	65	51.63±2.56Ab	86.44±11.70Bbc	80.66±15.04Aa	56.11±1.34Ac
50	10	41.16±2.96Ba	81.96±13.78Ba	63.67±9.32BCab	73.13±1.20Ba
50	25	27.75±1.43Bb	32.62±9.56Bb	48.76±7.28ABb	63.47±3.49Bb
50	45	23.93±0.65Bb	25.84±14.28Bb	67.38±1.46Aab	62.09±3.35ABb
50	65	27.53±0.38Bb	50.61±9.72Bab	75.06±18.32ABa	52.68±1.63Ac
25	10	42.90±1.67Ba	76.68±8.57Bb	87.41±2.44Aa	62.15±2.43Ca
25	25	27.39±3.32Bb	48.93±6.73Bb	45.07±0.77BCb	55.44±0.17Bab
25	45	25.09±0.94Bb	138.84±23.92Aa	43.90±5.18Ab	49.68±1.85Cb
25	65	28.81±1.06Bb	126.78±2.95Aa	55.62±0.24BCb	51.00±0.67Ab
15	10	31.22±1.48Ca	96.86±21.67Bb	44.66±10.22Cab	65.09±1.76BCb
15	25	31.33±3.93Ba	86.76±12.32Ab	24.56±1.76Cb	80.40±2.46Aa
15	45	27.42±2.85Ba	162.56±16.08Aa	48.35±5.79Aa	53.29±1.15BCc
15	65	28.89±1.86Ba	161.52±36.57Aa	38.54±8.41Cab	59.43±0.87Abc

¹⁾ 同列中不同的大写字母表示在同一土壤含水量条件下透光率不同的处理组间有极显著差异($P<0.01$) Different capitals in the same column indicate the extremely significant difference among treatment groups with different transmittance under same water content in soil($P<0.01$); 同列中不同的小写字母表示在同一透光率条件下土壤含水量不同的处理组间有极显著差异($P<0.01$) Different small letters in the same column indicate the extremely significant difference among treatment groups with different water contents in soil under same transmittance condition($P<0.01$).

2.1.2.4 对 POD 活性的影响 一般认为,POD 活性与胁迫强度呈正相关,胁迫对细胞造成的伤害越大则 POD 活性也最强。表 3 的数据显示,透光率和土壤含水量这 2 个因素对夏蜡梅叶片中 POD 的活性均有极显著影响($P<0.01$)。除透光率 15% 的 4 个处理组外,在全光照(透光率 100%)、透光率 50% 和透光率 25% 的各处理组中,在土壤含水量 10% 的条件下夏蜡梅叶片的 POD 活性均极显著高于土壤含水量 25%、45% 和 65% 的处理组。全光照的 4 个处理组 POD 活性最高,与其他处理组的差异极显著。土壤含水量 10% 的胁迫环境可对夏蜡梅产生干旱胁迫,诱导 POD 活性升高;在土壤含水量 25% 和 45% 的条件下,夏蜡

梅叶片的 POD 活性降低;但在土壤含水量 65% 的过湿条件下,POD 活性则有一定的提高。

2.1.2.5 对 SOD 活性的影响 由表 3 可见,在不同透光率和土壤含水量条件下,夏蜡梅叶片的 SOD 活性变化规律与 POD 活性的变化规律基本一致。在土壤含水量相同的条件下,全光照(透光率 100%)处理组叶片的 SOD 活性较高,而透光率 50% 处理组的 SOD 活性最低,之后随透光率的降低 SOD 活性有所提高。在全光照条件下,土壤含水量适度增加,SOD 活性有所降低,但土壤含水量达到饱和状态时(土壤含水量 65%),SOD 活性则有所提高。透光率较小以及土壤含水量较高(透光率 25% 和 15%、土壤含水量

45%和65%)均会诱导夏蜡梅叶片中SOD活性的升高。总体上看,在透光率50%、土壤含水量45%的条件下,夏蜡梅叶片中的POD和SOD活性均最低。

2.1.2.6 对可溶性糖含量的影响 表3的数据表明,在土壤含水量10%的条件下(干旱胁迫),不同透光率处理组夏蜡梅叶片的可溶性糖含量为最高或较高;而在土壤含水量25%的条件下,叶片的可溶性糖含量有所减少;但在土壤含水量45%和65%的条件下,各处理组的可溶性糖含量则有所增加。总体而言,在土壤含水量相同的条件下,夏蜡梅叶片的可溶性糖含量随透光率的降低而减小,其中在土壤含水量10%、25%和65%的条件下,透光率15%处理组的可

溶性糖含量均最低。

2.1.2.7 对可溶性蛋白质含量的影响 表3的数据显示,夏蜡梅叶片可溶性蛋白质含量的变化基本呈随透光率降低和土壤含水量增加而降低的趋势,但在透光率15%条件下,叶片可溶性蛋白质含量较透光率25%处理组略有增加;而在透光率较小(25%和15%)、土壤水分含量较高(土壤含水量65%)的条件下,夏蜡梅叶片可溶性蛋白质含量也有所增加。

2.2 在透光率和土壤含水量不同的条件下夏蜡梅枝条和叶片各指标间的相关性分析

在不同透光率和土壤含水量条件下,夏蜡梅枝条和叶片各指标间的相关性分析结果见表4。

表4 夏蜡梅枝条和叶片各指标间的相关性分析¹⁾

Table 4 Correlation analysis among different indexes of branch and leaf of *Sinocalycanthus chinensis* Cheng et S. Y. Chang¹⁾

指标 Index	相关系数 Correlation coefficient							
	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1.000 0							
B	0.430 0	1.000 0						
C	-0.689 1 **	-0.337 4	1.000 0					
D	-0.701 7 **	-0.556 3 *	0.644 9 **	1.000 0				
E	-0.218 2	0.089 2	-0.024 3	0.279 8	1.000 0			
F	-0.834 7 **	-0.630 3 *	0.697 2 **	0.768 2 **	0.292 0	1.000 0		
G	-0.364 7	-0.569 7 *	0.559 7 *	0.571 5 *	-0.109 8	0.408 4	1.000 0	
H	-0.605 5 *	-0.379 8	0.615 1 *	0.592 7 *	0.056 2	0.639 3 **	0.063 4	1.000 0

¹⁾ A: 枝条生长量 Branch increment; B: 叶片叶绿素含量 Chlorophyll content in leaf; C: 叶片MDA含量 MDA content in leaf; D: 叶片POD活性 POD activity in leaf; E: 叶片SOD活性 SOD activity in leaf; F: 叶片脯氨酸含量 Proline content in leaf; G: 叶片可溶性糖含量 Soluble sugar content in leaf; H: 叶片可溶性蛋白质含量 Soluble protein content in leaf. *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

由表4可以看出,枝条生长量与丙二醛(MDA)含量、脯氨酸含量以及POD活性间均呈极显著的负相关($P < 0.01$);枝条生长量与可溶性蛋白质含量间,叶绿素含量与POD活性、脯氨酸含量以及可溶性糖含量间均呈显著的负相关($P < 0.05$);MDA含量与POD活性以及脯氨酸含量间,POD活性与脯氨酸含量间,脯氨酸含量与可溶性蛋白质含量间均呈极显著的正相关($P < 0.01$);MDA含量与可溶性糖含量以及可溶性蛋白质含量间,POD活性与可溶性糖含量以及可溶性蛋白质含量间均呈显著的正相关($P < 0.05$)。

夏蜡梅枝条生长量与MDA含量、POD活性、SOD活性、脯氨酸含量、可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量均呈负相关。这可能是因为在胁迫条件下(干旱和强光照),膜脂过氧化产物MDA的累积导致夏蜡梅体内保护酶系统被激活,酶活性升高,同时导致脯氨酸和可溶性蛋白质等渗透保护物质含量增加。在本实

验测定的各项生理指标中,POD活性、脯氨酸含量和MDA含量的变化与夏蜡梅植株生长关系密切,可作为评判夏蜡梅对生境适应与否的关键性指标。

3 讨论和结论

叶绿素是叶片进行光合作用的物质基础,环境因子的改变可引起叶绿素含量的变化,因此,叶绿素含量的高低能够在很大程度上反映植物的生长状况和叶片的光合能力^[9]。本研究结果表明,适度遮阳有利于夏蜡梅叶片叶绿素的合成,但在土壤干旱的胁迫条件下这种促进效应不明显,这是因为干旱条件可导致叶片气孔关闭以减少水分散失,使光合作用中CO₂的供应量减少,更重要的是胁迫条件下积累的活性氧导致植物体内的叶绿素发生降解^[10],抵消了适度遮阳对叶绿素合成的促进效应。可见,光照与土壤含水量

共同作用于叶绿素生理代谢的某些重要环节进而对夏蜡梅的生长产生影响。

高温和土壤干旱等胁迫环境对植物生长和代谢的影响是多方面的,除了对光合作用的抑制效应外,细胞膜脂过氧化导致细胞膜结构破坏以及因干旱脱水、细胞内蛋白质变性等细胞生理伤害造成的生理代谢紊乱等也会对植物产生不可逆的伤害^[8]。一般认为,POD 和 SOD 活性以及脯氨酸和可溶性糖含量等指标是胁迫应答因子,只有当植物面临不适应(胁迫)的状态时才会升高^[11],并与胁迫程度和持续时间有很大关系。单一干旱胁迫对夏蜡梅膜脂过氧化及保护酶活性的影响效应为:随干旱程度的加深,经历短期干旱(10~12 d)的夏蜡梅细胞中 MDA 积累量增高,SOD 和 POD 的活性也随之提高,但在深度干旱胁迫条件下,SOD 和 POD 的活性均有所降低^[12]。本研究设置了光照(透光率)和土壤含水量伴随高温等多因子组合对夏蜡梅枝条生长及生理代谢的影响,结果表明,各生理指标的变化存在一定的协同性但也不完全一致,其中,POD 活性与 MDA 和脯氨酸含量呈极显著正相关,而三者又与枝条生长量呈极显著负相关,说明不适宜的光照条件和土壤含水量能诱导夏蜡梅植株产生一系列胁迫生理反应并对其生长产生影响。

在全光照(透光率 100%)条件下,夏蜡梅叶片接受的光能超出其所能利用的量,长时间的强光照射引起植株光合活性降低,发生光抑制现象^[13],植株的枝条生长量也因此而减小。通常,耐阴植物在全光照条件下普遍存在生长受抑制的现象^[14],强光照伴随高温和土壤干旱对植物的影响更加严重,伴随植物体内活性氧(O_2^- 和 H_2O_2)的积累,膜脂过氧化加剧,MDA 大量积累,POD 和 SOD 等保护酶活性也升高。陈模舜等^[15]的研究结果显示,夏蜡梅的营养器官具有一些较为耐旱的结构,同时其叶片还具有耐阴植物特征。因而,在本实验的所有处理组合中,全光照(透光率 100%)和土壤含水量 10%条件下夏蜡梅叶片的 MDA 含量接近最高,SOD 和 POD 活性也最强,但在进行适度遮阳后上述指标都有不同程度的下降,说明适度遮阳不仅减轻了光抑制伤害,同时由于水分的蒸发量减小,土壤中的水分也得到有效利用。遮阳可部分减轻干旱胁迫的伤害,同样适度的水分条件也可在一定程度上补偿夏蜡梅对于荫蔽环境的要求。在全光照条件下,增加夏蜡梅盆栽土的含水量,MDA 含量显著减少,SOD 和 POD 活性降低,枝条生长量稍有提

高。可见,光照与水分间呈现出互为补偿与协同的关系。自然条件下,夏蜡梅分布于山谷沟涧,空气与土壤湿度较大,所以即使是林缘全光照的生境也不会对其造成较大的伤害,这与山涧溪流旁生长的玉簪 [*Hosta plantaginea* (Lam.) Aschers.] 所表现出的“忍耐光照的能力强于缺水环境”的特性相似^[16]。植物对于环境的适应实质上是对生境因子的综合适应,对其某一因子的适应范围应置于特定生境中考虑,仅因为对某一生境因子的不适应就否定该植物的生长适应性可能会得出比较片面的结论。

实验结果表明,不同透光率条件下夏蜡梅对土壤含水量的需求有所不同。在透光率 50%条件下,土壤含水量 45%可以满足夏蜡梅生长所需;而在透光率 25%条件下,由于土壤蒸发量较小,土壤含水量 25%就已足够满足夏蜡梅植株蒸腾及根系吸收耗水。当然,环境中的水分指标不仅仅是土壤含水量,空气湿度也是必须考虑的水分因子。在空气湿度较大的环境中应适度控制土壤含水量,不宜过湿;并且不同土壤的田间持水量也不同,持水能力存在一定差异,因此应针对不同性质土壤制定不同的水分供应计划。

上海地区地下水位较高,在地势低洼的区域如果遇到连续阴雨天,土壤湿度则过大,致使夏蜡梅根系生长不良,易造成烂根死亡。因此,在上海地区种植夏蜡梅应注重梅雨季节的排水或者选择在地势稍高的位置种植。在光照强的环境下生长的夏蜡梅,夏季高温日晒会产生日灼,叶片出现焦黑的斑点并伴有落叶,因此,在进行夏蜡梅群落配置时需考虑为其提供一定的遮阳条件,避免强光照对夏蜡梅的损伤,并可选择水杉 (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)、白玉兰 (*Magnolia denudata* Desr.) 等冬季落叶树种作为上层乔木,下层配植麦冬 [*Ophiopogon japonicus* (L. f.) Ker-Gawl.]、扶芳藤 [*Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand. -Mazz.] 等地被种类,一方面为夏蜡梅适度遮阳,另一方面地被植物的覆盖也有助于增加空气湿度,为夏蜡梅提供适宜的生长环境。

参考文献:

- [1] 郑万钧,章绍尧. 蜡梅科的新属——夏蜡梅属[J]. 植物分类学报, 1964, 9(2): 135-139.
- [2] 刘茂春. 浙江植物志: 第二卷[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1992.
- [3] Lasseigne F T, Fantz P R, Raulston J C, et al. × *Sinocalycanthus raulstonii* (Calycanthaceae): a new intergeneric hybrid

- between *Sinocalycanthus chinensis* and *Calycanthus floridus* [J]. HortScience, 2001, 36(4): 765-767.
- [4] 姚青菊, 夏冰, 任全进, 等. 夏蜡梅和美国蜡梅属间杂种的优势表现[J]. 江苏林业科技, 2007, 34(4): 24-26, 35.
- [5] 张宏伟, 翁东明, 徐荣章. 夏蜡梅生态生物学特性的研究[J]. 浙江林业科技, 1997, 17(1): 15-17.
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [7] 唐启义, 冯明光. DPS数据处理系统——实验设计、统计分析 & 数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [8] Hodges D M, Delong J M, Forney C F, et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds[J]. Planta, 1999, 207(4): 604-611.
- [9] 朱小龙, 李振基, 赖志华, 等. 不同光照下土壤水分胁迫对长苞铁杉幼苗的作用[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(2): 76-81.
- [10] Lima A L S, DaMatta F M, Pinheiro H A, et al. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions[J]. Environmental and Experimental Botany, 2002, 47(3): 239-24.
- [11] Lareheru W. Physiological Plant Ecology[M]. 3rd. Berlin: Heidelberg, New York: Springer Press, 1995.
- [12] 柯世省, 金则新. 干旱胁迫和复水对夏蜡梅幼苗光合生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1166-1172.
- [13] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence [J]. Biochimica et Biophysica Acta: General Subjects, 1989, 990(1): 87-92.
- [14] 白伟岚, 任建武, 苏雪痕. 八种植物耐阴性比较研究[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(3): 46-52.
- [15] 陈模舜, 柯世省. 濒危植物夏蜡梅营养器官的解剖结构特征[J]. 植物资源与环境学报, 2010, 19(3): 37-41.
- [16] 施爱萍, 张金政, 张启翔, 等. 不同遮荫水平下4个玉簪品种的生长性状分析[J]. 植物研究, 2004, 24(4): 486-490.

欢迎订阅 2011 年《植物资源与环境学报》

中国科技核心期刊 中国科学引文数据库核心期刊
“中国期刊方阵”双效期刊 “江苏期刊方阵”优秀期刊

季刊, 单价 15 元, 邮发代号: 28-213, 国内统一连续出版物号: CN32-1339/S

《植物资源与环境学报》系江苏省·中国科学院植物研究所、江苏省植物学会及中国环境科学学会植物园保护分会联合主办的学术刊物, 国内外公开发行。本刊为 BA、CA、CAB、Elsevier's、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收摘。本刊围绕植物资源与环境两个中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者, 可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊为季刊, 大 16 开本, 96 页。全国各地邮局发行, 每期定价 15 元, 全年价 60 元。若错过征订时间或需补齐 1992 年至 2010 年各期者, 请直接与编辑部联系邮购, 1992 年至 1994 年每年 8 元, 1994 年至 2000 年每年 16 元, 2001 年至 2005 年每年 24 元, 2006 年至 2008 年每年 40 元, 2009 年至 2011 年每年 60 元(均含邮资), 如需挂号另付邮挂费。

编辑部地址: 江苏省南京市中山门外 江苏省·中国科学院植物研究所内(邮编 210014); 电话: 025-84347016, 84347014; 传真: 025-84432074; E-mail: nbjxx@jlonline.com 或 zwzy@mail.cnbg.net。

本刊网上投稿系统已开通试运行, 网址: <http://www.cnbg.net/tg/contribute/login.aspx>, 欢迎试用并提出宝贵意见。

欢迎订阅! 欢迎投稿!