

# 高温胁迫对几种乔木树种生理生化特性的影响

刘艳萍<sup>1</sup>, 姚莹莹<sup>1</sup>, 罗晓雅<sup>1</sup>, 曾 辉<sup>2</sup>, 翟晓巧<sup>1</sup>

(1. 河南省林业科学研究院, 河南 郑州 450008; 2. 河南投资集团有限公司, 河南 郑州 450008)

**摘要:** 利用人工气候箱控制温度, 在相对湿度 40% 的条件下, 分别在 30℃、35℃、39℃、41℃ 的高温胁迫下, 对盆栽臭椿、白蜡、光皮树、黄连木、构树 5 个树种离体叶片的生理生化特性进行研究。结果表明: 在试验温度范围内, 臭椿、黄连木和构树的相对电导率最大值出现在 35℃ 时, 分别为 50.43%、94.30% 和 81.26%; 光皮树和白蜡的相对电导率的最大值分别出现在 39℃ 时和 41℃ 时, 分别为 75.34%、74.66%。臭椿和白蜡脯氨酸含量在 41℃ 时最高, 分别为  $4.86 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$  和  $2.15 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ; 光皮树、黄连木和构树的脯氨酸含量 39℃ 时最高, 分别为  $2.17 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ 、 $8.12 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ 、 $6.90 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ 。臭椿和黄连木的可溶性糖含量 39℃ 时最大, 分别为 20.61% 和 17.51%, 白蜡、光皮树和构树叶片的可溶性糖含量 41℃ 时最大, 为 21.44%、17.60% 和 16.05%。高温胁迫下, 植物叶片组织受到明显地破坏, 随着温度的升高, 叶片组织中的相对电导率升高; 脯氨酸含量和可溶性糖含量逐渐积累。综合分析认为, 在被选的 5 个乔木树种中, 白蜡和构树为较耐高温树种。

**关键词:** 乔木树种; 白蜡; 构树; 高温胁迫; 生理生化特性

**中图分类号:** S718      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2011)11-0126-03

## Effects of Heat Stress on Physiological and Biochemical Characters of Several Tree Species

LIU Yan-ping<sup>1</sup>, YAO Ying-ying<sup>1</sup>, LUO Xiao-ya<sup>1</sup>, ZENG Hui<sup>2</sup>, ZHAI Xiao-qiao<sup>1</sup>

(1. Henan Academy of Forestry, Zhengzhou 450008, China;

2. Henan Investment Group Limited Company, Zhengzhou 450008, China)

**Abstract:** Under the condition of high temperature (30℃, 35℃, 39℃ and 41℃) and the atmospheric relative humidity of 40%, the physiological and biochemical characters indexes (relative electric conductivity, free praline content and soluble sugar content) were studied using the leaves of *Ailanthus altissima*, *Fraxinus chinensis*, *Cornus wilsonian*, *Pistacia chinensis* and *Broussonetia papyrifera* as materials. The results showed that the plant leaf tissues were obviously damaged under the condition of heat stress. With the temperature rising, the relative electric conductivity of leaf tissue increased, the free praline content and soluble sugar content gradually accumulated. The relative electric conductivity of *Ailanthus altissima*, *Fraxinus chinensis*, *Cornus wilsonian*, *Pistacia chinensis* and *Broussonetia papyrifera* reached a maximum when the temperature was 35℃, 41℃, 39℃, 35℃ and 35℃, respectively. The free praline content of the five species accumulated to a maximum when the temperature was 41℃, 41℃, 39℃, 39℃ and 39℃, respectively. The soluble sugar content of the five species accumulated to a maximum when the temperature appeared 39℃, 41℃, 41℃, 39℃ and 41℃, respectively. The results indicated that *Fraxinus chinensis* and *Broussonetia papyrifera* were able to bear more high temperature than other species.

**Key words:** Tree species; *Fraxinus chinensis*; *Broussonetia papyrifera*; Heat stress; Physiological and biochemical characters

收稿日期: 2011-07-05

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项 (200804028)

作者简介: 刘艳萍 (1982-), 女, 河南舞阳人, 工程师, 博士, 主要从事林木育种研究。E-mail: lypbox@126.com

城市高温是指在城市这一特殊的地理环境下,日气温指数保持在 35℃ 以上,持续时间超过 3 d 的炎热天气<sup>[1-2]</sup>。据有关气象资料显示:1985 年郑州市年平均气温为 13.6℃;到 1995 年平均气温升高到 14.8℃;到 2004 年,平均气温竟高达 15.5℃<sup>[3]</sup>,短短 20 a,郑州市年平均气温上升了 2℃。2011 年 6 月 7 日郑州市最高气温达到 40.5℃,为郑州市近 30 a 来 6 月上旬最热的一天。可见,高温热浪、城市热岛效应在郑州市已成事实。

城市绿地是城市系统中唯一的自然成分,具有恢复生态功能、净化城市环境的作用<sup>[4]</sup>,同时还具有降温效应和增湿效应<sup>[5]</sup>。据报道,盛夏季节,街道有绿化与无绿化相比,日平均气温要低 1~2℃,最低气温要低 3~4℃,高温的持续时间也缩短 3 个多小时<sup>[6]</sup>。因此,必须在城市中加快、加大绿地建设力度;发展垂直绿化、屋顶绿化等绿化方式,最大限度地增加绿化覆盖率;还应大力培育耐高温植物品种。本试验主要研究在高温胁迫下不同树种的生理生化指标的变化规律,以期阐明各指标与树种高温胁迫的关系,为筛选适宜城市房顶抗高温树种提供理论参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料为河南省林科院 5 层办公楼楼顶的 2 a 生盆栽臭椿、白蜡、光皮树、黄连木、构树苗木,2010 年 8 月取生长一致、无病虫害的臭椿、白蜡、光皮树、黄连木、构树叶片,待用。

### 1.2 方法

1.2.1 高温处理方法 利用人工气候箱控制温度,在相对湿度 40% 的条件下,分别在 30℃、35℃、39℃、41℃ 的高温条件下对叶片进行 24 h 胁迫试验。将处理后的叶片取出用洁净滤纸擦干净,并将每个叶片剪成长约 1 cm、宽 2~3 mm 的小片,备用。每个试验重复 3 次,结果以平均值表示。

1.2.2 指标测定 叶片相对电导率:采用电导率仪法测定<sup>[7]</sup>。脯氨酸含量:参照文献<sup>[8]</sup>测定。可溶性糖含量:采用蒽酮法测定<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 5 个乔木树种叶片相对电导率的变化

高温胁迫下 5 个乔木树种叶片组织的相对电导率的变化趋势如图 1 所示。从图 1 可以看出,5 个乔木树种的相对电导率随着温度的变化而变化,升

温过程中,臭椿的相对电导率在 35℃ 时最大,为 50.43%;白蜡叶片组织的相对电导率在 41℃ 时最大,为 74.66%;升温过程中,当温度达到 39℃ 时,光皮树的相对电导率值最大,为 75.34%,随后温度再升高,光皮树叶片组织的相对电导率变小;黄连木叶片组织的相对电导率在温度达到 35℃ 时最大,为 94.30%,温度继续升高,其相对电导率变小;随着温度的升高,构树叶片组织的相对电导率呈现先上升后下降再上升的趋势,相对电导率的最大值出现 35℃ 时,为 81.26%。不同树种的相对电导率最大值出现在不同温度条件下,这是因为不同的树种忍受高温的能力不同,当温度升高到该树种的忍受极限时,植物叶片组织细胞遭到严重破坏,细胞内物质大量外渗;随着温度的继续升高,叶片组织的相对电导率变化不大或下降,其原因是植物叶片已经干枯,温度的变化对其相对电导率无影响。

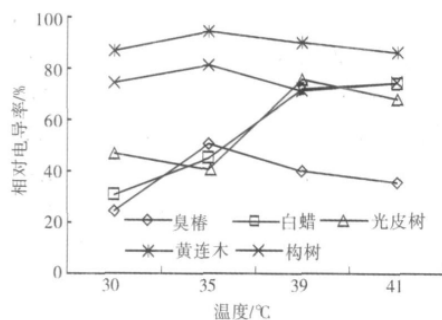


图 1 高温胁迫下 5 个乔木树种叶片组织相对电导率的变化

### 2.2 5 个乔木树种叶片脯氨酸含量的变化

植物在正常条件下,游离脯氨酸含量很低,但遇到高温、干旱、盐碱等逆境时,游离脯氨酸便会大量积累,并且积累指数与植物的抗逆性有关。因此,脯氨酸可作为植物抗逆性的一项生化指标<sup>[9-11]</sup>。试验结果表明,随着高温胁迫的进行,臭椿叶片的脯氨酸含量逐渐累积,臭椿脯氨酸含量 41℃ 时最高,为  $4.86 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ;白蜡脯氨酸含量也在 41℃ 时最高,为  $2.15 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ;高温胁迫下,光皮树与白蜡叶片的脯氨酸含量很接近,其脯氨酸含量 39℃ 时最高,为  $2.17 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ,随后温度继续升高,叶片呼吸作用的消耗逐渐增加,有机物分解加速,使脯氨酸含量降低,这可导致植株衰竭死亡;39℃ 时,黄连木脯氨酸含量达到最大值  $8.12 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ;随着温度的升高,构树脯氨酸含量急剧升高,39℃ 时达到最大值  $6.90 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ,随后温度继续升高,构树脯氨酸含量降低。

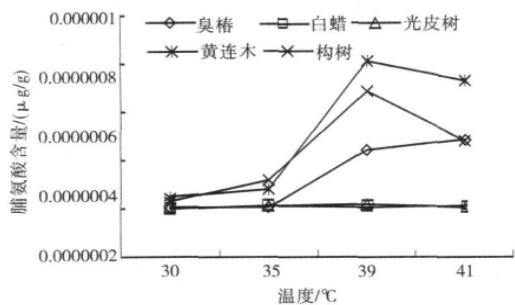


图 2 高温胁迫下 5 个乔木树种叶片组织脯氨酸含量的变化

2.3 5 个乔木树种叶片可溶性糖含量的变化

由图 3 可见,随着高温胁迫的进行,臭椿叶片组织细胞的可溶性糖含量先上升后下降,39℃时臭椿的可溶性糖含量最大,为 20.61%,是 30℃时臭椿可溶性糖含量的 1.84 倍。随着温度的继续升高,植物处在难以承受的温度胁迫下,呼吸作用大于光合作用,消耗了贮存的糖类,致使臭椿的可溶性糖含量降低,降至 41℃时的 18.27%。白蜡、光皮树、构树叶片组织细胞的可溶性糖含量 41℃时最大,分别为 21.44%、17.60%和 16.05%,分别是 30℃时可溶性糖含量的 1.48 倍、1.60 倍和 1.95 倍。黄连木叶片组织细胞的可溶性糖含量随温度的升高呈先上升后下降的趋势,39℃时黄连木的可溶性糖含量最大,为 17.51%,是 30℃时黄连木可溶性糖含量的 2.91 倍;随着温度的继续升高,黄连木的可溶性糖含量降至 41℃时的 10.44%。

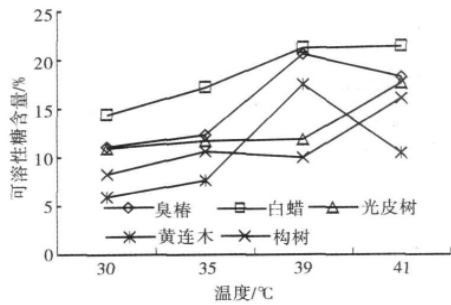


图 3 高温胁迫下 5 个乔木树种叶片组织可溶性糖含量的变化

3 结论

本试验结果表明,臭椿、黄连木和构树的相对电导率最大值出现在 35℃时,分别为 50.43%、94.30%

和 81.26%;光皮树的相对电导率最大值出现在 39℃时,为 75.34%;白蜡叶片组织的相对电导率最大值出现在 41℃时,为 74.66%。臭椿和白蜡脯氨酸含量 41℃时最高,分别为  $4.86 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$  和  $2.15 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ ;光皮树、黄连木和构树的脯氨酸含量 39℃时最高,分别为  $2.17 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ 、 $8.12 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ 、 $6.90 \times 10^{-7} \mu\text{g/g}$ 。

在试验温度范围内,臭椿和黄连木的可溶性糖含量变化规律一致,温度升高至 39℃时二者的可溶性糖含量最大,分别为 20.61%和 17.51%,随后温度继续升高,二者的可溶性糖含量降低,分别降至 41℃时的 18.27%和 10.44%。白蜡、光皮树和构树叶片组织细胞的可溶性糖含量 41℃时最大,为 21.44%、17.60%和 16.05%,分别为 30℃时三者可溶性糖含量的 1.48 倍、1.60 倍和 1.95 倍。

综合 5 个乔木树种的相对电导率、脯氨酸含量和可溶性糖含量分析结果,认为白蜡和构树为较耐高温树种。

参考文献:

[1] 李新艳. 城市高温灾害分析及预防对策[J]. 固原师专学报:自然科学,2004,2(6):79-84.

[2] 陈横,李丽萍,陈英凝. 沿海城市高温热浪与每日居民死亡关系的研究[J]. 环境与健康杂志,2009,26(11):988-991.

[3] 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,1981-2005.

[4] 彭镇华. 中国城市森林[M]. 北京:中国林业出版社,2003.

[5] 王治国,张云龙,刘徐师,等. 林业生态工程学——林草建设与实践[M]. 北京:中国林业出版社,2000.

[6] 吴根泉,陈乐平. 城市绿化的若干问题[J]. 现代城市研究,1995(3):53-57.

[7] 郝建军,康宗利. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006:23-169.

[8] 赵世杰,刘华山,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科技出版社,1998.

[9] 刘燕燕,沈火林,刘以前. 高温胁迫对不结球白菜幼苗生长及生理指标的影响[J]. 华北农学报,2005,20(5):25-29.

[10] 张庆峰,徐胜,李建龙. 高温胁迫下高羊茅生理生化特性研究[J]. 草业科学,2006,23(4):26-28.

[11] 郭洪雪,宋希云,燕增文,等. 高温胁迫对小麦幼苗几个生理生化指标的影响[J]. 华北农学报,2007,20(增刊):71-74.