

文章编号:1001-7380(2018)06-0012-04

## 13个鸡爪槭品种的耐热性研究

林乐静, 林 立, 祝志勇\*, 裘虎生

(宁波城市职业技术学院, 浙江 宁波 315100)

**摘要:**鸡爪槭品种为世界著名的秋叶树种,夏季易遭受热胁迫而影响观赏效果。为研究13个常见鸡爪槭品种的耐热性,通过人工气候室模拟高温环境进行胁迫试验,测定了鸡爪槭不同品种的半致死温度。同时,通过分析各品种叶片中的叶绿素、花青素含量,研究鸡爪槭品种耐热性与花青素和叶绿素含量的相关性。研究表明,随着温度上升,13个鸡爪槭品种致死率均体现出“S”形上升趋势,不同品种对高温的耐热性差异明显。13个品种的耐热性依次为舞森>红枫>血红鸡爪槭>金叶鸡爪槭>早乙女>小鸡爪槭>红鹤>青紫姬>流泉>赤枫>茜>海塞>蝴蝶。相关性分析结果未能证明鸡爪槭品种的耐热性与叶绿素、花青素含量有显著相关性。

**关键词:**鸡爪槭品种;耐热性;半致死温度;叶绿素;花青素;相关性

**中图分类号:**Q945.78;S792.35

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2018.06.003

## Study on heat resistance of 13 varieties of *Acer palmatum*

Lin Lejing, Lin Li, Zhu Zhiyong\*, Qiu Husheng

(Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo 315500, China)

**Abstract:** *Acer palmatum* is a famous species in the world for its beautiful autumn leaves. In order to study the heat resistance of 13 varieties of *A. palmatum*, their semi-lethal temperature was determined by the stress test in a artificial climate chamber. And the correlation between semi-lethal temperature and anthocyanin content, as well as chlorophyll content was studied. The result showed that the death rate of 13 varieties expressed an S-shape trend with the rise of temperature, but the resistances of different varieties to high temperature were obviously different. The heat resistance of 13 varieties was in such an order as *A. palmatum* 'Mai mori' > *A. palmatum* 'Atropurpureum' > *A. palmatum* 'Bloodgood' > *A. palmatum* 'Aureum' > *A. palmatum* 'Saotome' > *A. palmatum* var *thunbergii* > *A. palmatum* 'Benizuru' > *A. palmatum* 'Arano' > *A. palmatum* 'Ryu sen' > *A. palmatum* 'Sango kaku' > *A. palmatum* 'Akane' > *A. palmatum* 'Higasayama Broom' > *A. palmatum* 'Butterfly'. The results of analysis showed no significant correlation between the heat resistance and the chlorophyll content, as well as the anthocyanin content.

**Key words:** *Acer palmatum* varieties; Heat resistance; Semi-lethal temperature; Chlorophyll; Anthocyanin; Correlation

高温是植物正常生长发育的重要限制性因子之一,不管是短期高温还是持续性高温,都会对植物的正常生长造成一定影响<sup>[1]</sup>。对于我国南方植物来说,突遇的高温,尤其是长江中下游地区梅雨季节后出现迅速上升的温度,常导致植物生长受到

限制,甚至死亡。高温胁迫不仅影响植物的生理活动,对植物的形态特征也会造成影响,严重时可导致植株叶片萎蔫,甚至焦枯。因此,我国南方地区进行园林绿化时,要先综合考虑所选树种的耐热性。目前,对植物的耐热性已有许多研究。周媛等

收稿日期:2018-10-14;修回日期:2018-10-29

**基金项目:**国家星火计划项目“优良观赏树种金叶鸡爪槭良种示范与推广”(2015GA701004);宁波市农业社会发展重大专项“槭树等特色景观树种良种选育与产业化开发”(2014C11002);浙江省大学生科技创新活动暨新苗人才计划项目“槭树优良品种选育与产品推广”(2018R46004)

**作者简介:**林乐静(1983-),女,浙江温州人,实验师,硕士。主要从事园林教学与研究。E-mail:121494826@qq.com。

\* **通信作者:**祝志勇(1968-),男,浙江淳安人,教授,硕士。主要从事植物资源开发与利用研究。E-mail:zhuzhiyong01@163.com。

研究了不同杜鹃品种的耐热性,通过评价各品种在高温条件下的外观形态、叶绿素荧光以及 PSII 活性等参数指标,筛选出了耐热型杜鹃新品种<sup>[2]</sup>;徐静平等通过测定半致死温度,对 8 种适用于屋顶绿化的木本植物的耐热性进行了比较<sup>[3]</sup>;钟景林等利用相对电导率测定了不同种源糖槭的抗热性<sup>[4]</sup>;窦全琴等分析了自然高温胁迫下 20 个鸡爪槭品种的叶片形态、光合特性等指标,认为夏季叶片呈绿色的鸡爪槭品种耐热性较好<sup>[5]</sup>。

鸡爪槭是世界上最重要的彩叶树种之一,品种多样,树形优美,叶片色彩变化丰富,极具观赏价值。鸡爪槭在我国南方地区普遍栽培,是我国南方城市彩化不可或缺的优良树种。许多鸡爪槭品种在栽培应用时,会由于高温造成焦叶情况,严重时整株叶片都成焦叶,导致观赏价值降低。本研究通过人工气候室模拟高温环境对 13 个鸡爪槭品种的耐热性,进行了胁迫试验,以期 为鸡爪槭品种在我国南方地区的引种、栽培与应用提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

2017 年 7 月中旬,在宁波城市职业技术学院溪口校区苗圃地,挑选苗龄、大小、长势相当的 13 个鸡爪槭品种,记录其生物学性状(见表 1)。采集等同时位的完整、成熟叶片作为试验材料。

1.2 方法

1.2.1 细胞伤害率测定 采集叶片后用去离子水冲洗,用纱布擦拭干净后除去主脉,将叶片剪为 0.5 cm<sup>2</sup>左右的块状,放置于烧杯内。将叶片浸没于 20 mL 蒸馏水中,放在真空干燥器中用真空泵抽气 10 min,然后分别放于 30,35,40,45,50,55,60,65,70 ℃ 的水浴环境下 20 min,取出后于室温放置 2 h。用电导率仪测定电导率(*R*),后将所有材料放于 100 ℃ 沸水浴中处理 15 min;降温后在室温条件下测定电导率(*R*<sub>0</sub>)。每组试验重复 3 次,以室温环境的电导率值(*CK*)作为对照值进行分析<sup>[6-7]</sup>。细胞伤害率  $y(\%) = [(R - CK)/(R_0 - CK)] \times 100$ 。

1.2.2 叶绿素和花青素含量测定 采用便携式叶绿素仪 SPAD-502PL(日本柯尼卡美能达公司出品)测定各品种叶片的叶绿素含量。测定时,要求选取叶片的部位相同,每叶片测定 3 次,再计算其平均值。每个品种重复测定 3 次<sup>[8]</sup>。

花青素含量的测定参照钱见平等<sup>[9]</sup>的研究方

表 1 13 个鸡爪槭品种的生物学性状

品种名	学名	叶形	成熟叶叶色
金叶鸡爪槭	<i>Acer palmatum</i> 'Aureum'	掌状 5-7 裂	绿色
血红鸡爪槭	<i>A. palmatum</i> 'Bloodgood'	掌状 7-9 裂	紫红色
红枫	<i>A. palmatum</i> 'Atropurpureum'	掌状 7-9 裂	紫红色
青紫姬	<i>A. palmatum</i> 'Arano'	掌状 7-9 裂	绿色
海塞	<i>A. palmatum</i> 'Higasayama Broom'	掌状 7-9 裂	黄绿色带有绿色斑块
红鹤	<i>A. palmatum</i> 'Benizuru'	掌状 5-7 裂	绿色
茜	<i>A. palmatum</i> 'Akane'	掌状 5-7 裂	绿色
蝴蝶	<i>A. palmatum</i> 'Butterfly'	掌状 5 裂	绿色带有粉边或者白边
流泉	<i>A. palmatum</i> 'Ryu sen'	掌状 5 裂	绿色
赤枫	<i>A. palmatum</i> 'Sango kaku'	掌状 5-7 裂	绿色
早乙女	<i>A. palmatum</i> 'Saotome'	掌状 5 裂	橙色带黄绿色斑叶
舞森	<i>A. palmatum</i> 'Mai mori'	掌状 5-7 裂	绿色叶子带有浅的黄色斑纹
小叶鸡爪槭	<i>A. palmatum</i> var <i>thunbergii</i>	掌状 7-9 裂	绿色

法,测定出每个鸡爪槭品种的色素单位,以波长 535 nm 下 1 mL 提取液提取 1 g 叶片时的吸光值为 1 个色素单位。

1.2.3 数据统计与分析 试验数据用 Excel 进行处理并作图,用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计与处理。

2 结果与分析

2.1 不同温度处理对不同品种鸡爪槭细胞伤害率的影响

电导率是分析植物在不同温度环境下细胞发生改变和受影响程度的关键指标。借助测定电导率方法,可以反映植物在热环境下出现的受伤状态,进而评价不同植物的耐热水平<sup>[10]</sup>。研究结果表明,随着温度的升高,13 个鸡爪槭品种叶片的伤害率都呈现出“S”型上升趋势(见图 1)。在温度较低时(35 ℃ 以下),所有鸡爪槭品种的细胞伤害率都较低(≤20%)。当温度高于 40 ℃ 时,所有品种的细胞伤害率随着温度的上升而快速增大,不同品种间的差异较小。当温度升高至 50 ℃ 时,鸡爪槭品种的细胞伤害率在 32%—52% 之间,其中海塞的细胞伤

害率最高(52%),小叶鸡爪槭叶片细胞受到的伤害率最低(32%)。当温度升至 60 ℃时,有 7 个槭树品种(青紫姬、海塞、红鹤、茜、蝴蝶、流泉和赤枫)的细胞伤害率都超过了 50%,另外 6 个品种(金叶鸡爪槭、血红鸡爪槭、红枫、早乙女、舞森和小叶鸡爪槭)中以舞森对应的数值最小,即 45.7%。当温度高于 60 ℃,除流泉、赤枫和蝴蝶 3 个品种外,其他品种的细胞伤害率仍呈缓慢上升趋势。

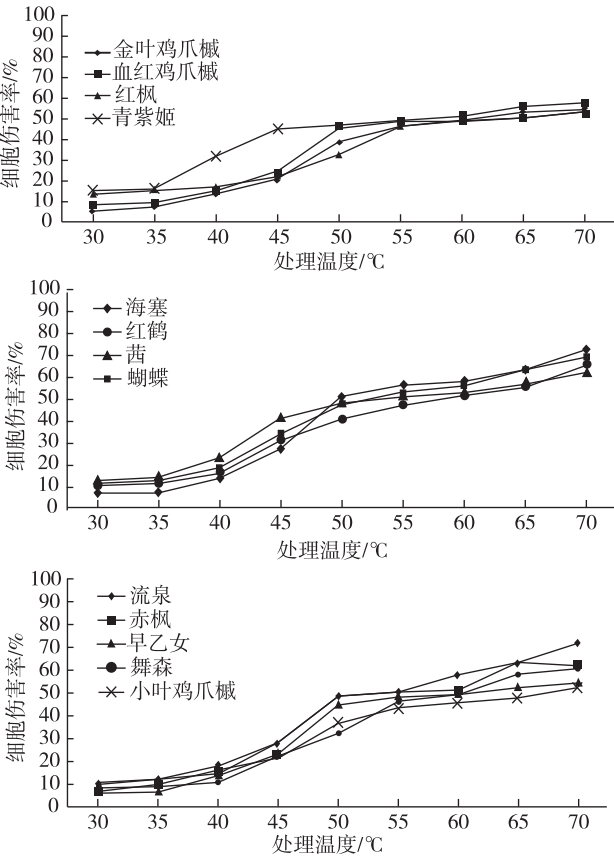


图 1 处理温度与细胞伤害率的关系

2.2 不同品种鸡爪槭半致死温度的确定

鸡爪槭品种的半致死温度根据 Logistic 公式进行计算。公式为  $y = k/(1+ae^{-bt})$ , 式中  $y$  为细胞伤害率,  $t$  代表处理温度,  $k$  为细胞伤害的饱和容量。为确定  $a, b$  的值, 根据赵亚洲等<sup>[11]</sup> 对方程进行线性化处理, 得到  $a, b$  数值和相关系数  $r$ 。通过显著性测试后, 运算 Forstst 2.1 软件计算出半致死温度<sup>[11]</sup>, 具体见表 2。

通过分析不同品种的半致死温度, 可以得到各品种的耐热性由高到低的顺序为舞森>红枫>血红鸡爪槭>金叶鸡爪槭>早乙女>小叶鸡爪槭>红鹤>青紫姬>流泉>赤枫>茜>海塞>蝴蝶。

表 2 方程参数与半致死温度

供试材料	参数		相关系数 $r$	半致死温度/℃
	$a$	$b$		
金叶鸡爪槭	181.59	0.083 9	0.914 3	62
血红鸡爪槭	86.29	0.071 9	0.863 6	62.1
红枫	41.29	0.058 4	0.930 1	63
青紫姬	21.22	0.052 1	0.822 2	58.59
海塞	282.55	0.099 0	0.915 9	57
红鹤	90.08	0.075 4	0.947 2	59
茜	43.67	0.064 9	0.884 8	58
蝴蝶	87.77	0.078 9	0.942 5	56.74
流泉	114.18	0.083 4	0.956 3	58.8
赤枫	81.51	0.075 0	0.911 6	58.68
早乙女	142.33	0.080 5	0.864 9	61.6
舞森	94.80	0.071 4	0.921 3	63.7
小叶鸡爪槭	154.08	0.082 16	0.950 2	61.3

2.3 鸡爪槭耐热性与叶片叶绿素和花青素含量的相关性分析

对 13 个品种叶片中的花青素含量进行了测定, 不同品种叶片中花青素含量差异较大, 最高含量为流泉品种(0.586 7 个色素单位), 为最低含量品种(金叶鸡爪槭)的 4.4 倍。叶绿素含量在不同品种间差异较小(见表 3)。这表明决定叶片颜色的成分主要为其中的花青素含量。

采用 Pearson 法对 13 个鸡爪槭品种的耐热性与叶片总叶绿素含量和花青素(见表 2)的相关性进行了分析, 结果表明鸡爪槭品种的耐热性与叶绿素、花青素含量相关性不强( $r < 0.5, P < 0.5$ )。

表 3 13 个鸡爪槭品种叶片的总叶绿素和花青素含量

供试材料	总叶绿素含量 /(mg/g)	花青素含量 /[ $A_{535}/(g \cdot mL)$ ]
金叶鸡爪槭	0.010 12	0.133 3
血红鸡爪槭	0.008 14	0.213 3
红枫	0.014 31	0.456 7
青紫姬	0.010 48	0.483 3
海塞	0.016 57	0.320 0
红鹤	0.014 79	0.276 7
茜	0.014 34	0.253 3
蝴蝶	0.009 30	0.366 7
流泉	0.014 80	0.343 3
赤枫	0.011 10	0.586 7
早乙女	0.013 18	0.450 0
舞森	0.009 63	0.286 7
小叶鸡爪槭	0.013 82	0.403 3

### 3 讨论与结论

研究植物高温伤害及其生理指标,将有助于采取相应措施减轻高温危害,为筛选耐高温植株提供有效途径,也为彩化植物的耐热性研究寻找依据。根据试验结果,按照半致死温度的高低可将13个鸡爪槭品种划分为3个类型:耐热型( $T \geq 61^{\circ}\text{C}$ ),有舞森、红枫、血红鸡爪槭、金叶鸡爪槭、早乙女和小叶鸡爪槭;中间型( $58^{\circ}\text{C} \leq T < 61^{\circ}\text{C}$ ),有红鹤、青紫姬、流泉、赤枫和茜;不耐热型( $55^{\circ}\text{C} \leq T < 58^{\circ}\text{C}$ ),有海塞和蝴蝶2个品种。高温状态下,植物会通过调节自身生理活动来适应环境条件,不同植物在不同层次高温阶段,其能够接受的最大高温同样存在很大区别<sup>[12]</sup>。

前人研究表明,鸡爪槭品种的耐热性与叶色有一定的相关性,叶绿素含量高的品种耐热性相对较强<sup>[5]</sup>。本研究采用 Pearson 法对13个鸡爪槭品种的耐热性与花青素和叶绿素含量的相关性进行了分析,结果未能证明鸡爪槭品种的耐热性与叶绿素、花青素含量有较高的相关性( $r < 0.5, P < 0.5$ )。

#### 参考文献:

- [1] 林富平,程雪梅,刘济祥,等. 9种槭属植物宁波地区夏适应性评价[J]. 现代园艺, 2014, 7(4): 10-11.

- [2] 周媛,童俊,徐冬云,等. 高温胁迫下不同杜鹃品种 PSII 活性变化及其耐热性比较[J]. 中国农学通报, 2015, 31(31): 150-159.
- [3] 徐静平,徐振华,杜克久. 8种屋顶绿化木本植物的耐热性比较[J]. 中国农学通报, 2011, 27(6): 1-5.
- [4] 钟景林,任杰,任明莹,等. 不同种源糖槭的抗热性比较研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(18): 193-195, 224.
- [5] 窠全琴,隋德宗,何旭东,等. 高温对20个鸡爪槭品种叶片形态和光合特性的影响[J]. 江苏林业科技, 2014, 41(4): 1-6.
- [6] 郑龙,王陆军,傅松玲,等. 不同板栗品种的耐热性和抗旱性比较[J]. 安徽农业大学学报, 2015, 42(3): 372-374.
- [7] 贾志国,张丽,肖建忠,等. 仙客来品种间耐热性比较研究[J]. 北方园艺, 2008(11): 122-124.
- [8] 赵世杰. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002: 55-57.
- [9] 钱见平,丰震,王长宪,等. 元宝枫无性系秋季叶片主要成分含量动态变化[J]. 中国农学通报, 2013, 29(7): 26-30.
- [10] 李淑娟,陈香波,李毅,等. 观赏山楂耐热性比较研究[J]. 上海农业学报, 2007, 23(3): 70-72.
- [11] 赵亚洲,卓丽环,张琰. 2种红枫的高温半致死温度与耐热性[J]. 上海农业学报, 2006, 22(2): 51-53.
- [12] 盖钧镒. 试验统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 56-59.
- [13] 商侃侃. 上海引种槭树的适应性及其城市绿化应用研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008: 24-26.

(上接第11页)

- [21] MEIBOOM S, GILL D. Modified spin-echo method for measuring nuclear relaxation times[J]. Review of Scientific Instruments, 1958, 29: 688-691.
- [22] 宋朝鹏,魏硕,贺帆,等. 利用低场核磁共振分析烘烤过程烟叶水分迁移干燥特性[J]. 中国烟草学报, 2017, 23(4): 50-55.
- [23] 王海鸥,谢焕雄,陈守江,等. 不同干燥方式对柠檬片干燥特性及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(14): 292-299.

- [24] 李东,谭书明,陈昌勇,等. LF-NMR 对稻谷干燥过程中水分状态变化的研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(7): 1-5.
- [25] CAO X, ZHANG F, ZHAO D, et al. Effects of freezing conditions on quality changes in blueberries[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2018, 98(12): 4673-4679.
- [26] WANG J, MUJUMDAR A S, Deng L Z, et al. High-humidity hot air impingement blanching alters texture, cell-wall polysaccharides, water status and distribution of seedless grape[J]. Carbohydrate Polymers, 2018, 194: 9-17.