

文章编号: 1000-5692(2006)06-0636-05

高温胁迫下 15 个茶花品种的耐热性

李纪元, 李辛雷, 范妙华, 田敏, 范正琪

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 以茶花 *Camellia* 3 个主要品种群的 15 个品种为材料, 利用生理生化测定及 SPSS 统计分析对其耐热性进行了研究。结果表明: 持续 7 d 36~38 °C 的高温胁迫能够有效区分不同茶花品种耐热性; 生理生化测定结果的系统聚类与主成分分析能够对不同茶花品种的耐热性进行有效评价。云南山茶 *Camellia reticulata* 及其杂种品种群耐热性较差, 茶梅 *C. sasanqua* 耐热性较强, 而红山茶 *C. japonica* 品种群耐热性变化范围较大。茶花品种耐热性与花型相关性不大。图 1 表 4 参 15

关键词: 植物学; 高温胁迫; 茶花; 生理生化; 耐热性

中图分类号: S718.45 **文献标识码:** A

茶花 *Camellia* 是我国十大名花之一, 也是盆栽和园林绿化的重要花卉种类, 在花卉生产中占有十分重要的地位。据专家估计, 仅国内茶花年产值就超过 3.0 亿元, 对我国农村产业结构的调整与优化也具有重要意义。茶花在 1 000 多年的栽培和应用历史过程中形成了大量色彩丰富、姿态各异的栽培品种。目前, 在园林上应用较多的茶花主要有三大品种群: 红山茶 *Camellia japonica* 品种群、云南山茶 *Camellia reticulata* 及其杂种品种群和茶梅 *Camellia sasanqua* 品种群等^[1]。山茶属植物作为我国亚热带常绿阔叶林固有的特征植物种类, 在稳定的群落结构中, 多数种类是森林中下层的小乔木或灌木, 喜欢温暖湿润的气候, 抗寒耐热性较差^[2]。0 °C 以下的长期低温或 35 °C 以上的长期高温分别会对茶花造成冻害或灼伤, 甚至落花落蕾或花芽无法分化等^[3]。从高海拔、高纬度向低海拔、低纬度引种, 因为目的地的气温一般高于原产地, 植物对高温的耐受性往往成为引种成活的限制因素, 反之, 耐寒能力成为主要限制因素^[3]。因此, 茶花品种的抗寒耐热性在很大程度上影响着其生产发展, 严重制约了其产业的扩大。目前, 关于茶花的耐寒性问题已经进行大量研究^[4~8], 但关于其耐热性尚未见相关报道。近年来, 由于“温室效应”的影响, 全球气温持续升高, 因此, 研究高温对茶花生长发育的影响越来越具有重要意义。作者对国内外主要流行三大茶花品种群部分品种的耐热性进行了研究, 以期对山茶属植物的资源评价及开发利用奠定基础, 提高茶花种质资源利用效率。

1 材料与方 法

1.1 材 料

所有试验材料均来自中国林业科学研究院亚热带林业研究所山茶种质园(表 1)。材料包括目前国内外三大茶花品种群(红山茶品种群、云南山茶及其杂种品种群和茶梅品种群)的 15 个名优品种。

收稿日期: 2005-12-04; 修回日期: 2006-06-01

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(302402)

作者简介: 李纪元, 研究员, 博士, 从事林木遗传育种研究。E-mail: jiyuan_li@126.com

表 1 15 个茶花品种编号、类型及花型^[1]Table 1 Code, groups and flower types of 15 *Camellia* cultivars

编号	品种	类型	花型	编号	品种	类型	花型
1	新塔莉尔小姐 <i>Camellia reticulata</i> 'Miss Tularé Variegated'	云南山茶	牡丹型	9	黑魔法 <i>C. japonica</i> 'Black Magic'	红山茶	半重瓣
2	冬星 <i>C. sasanqua</i> 'Winter Star'	茶梅	单瓣	10	皇家天鹅绒 <i>C. japonica</i> 'Royal Velvet'	红山茶	半重瓣
3	比尔大齿轮 <i>C. reticulata</i> 'Bill Goetz'	云南山茶杂种	半重瓣	11	皱叶奇花 <i>C. japonica</i> 'Holly Bright'	红山茶	半重瓣
4	斑色情人节 <i>C. reticulata</i> 'Valentine Day Variegated'	云南山茶杂种	重瓣	12	新查理斯顿小姐 <i>C. japonica</i> 'Miss Charleston Variegated'	红山茶	牡丹型
5	大海伦 <i>C. japonica</i> 'Helen Bower'	红山茶	重瓣	13	克瑞墨大牡丹 <i>C. japonica</i> 'Katie's Supreme'	红山茶	牡丹型
6	孔雀椿 <i>C. japonica</i> 'Hakuhon-kujaku'	红山茶	单瓣	14	牛西奥雕石 <i>C. japonica</i> 'Nurccio's Cameo'	红山茶	重瓣
7	金盘荔枝 <i>C. japonica</i> 'Gold Tray Litchi'	红山茶	托桂型	15	山茶之都 <i>C. reticulata</i> 'Massee Lane'	云南山茶杂种	托桂型
8	阿兰 <i>C. japonica</i> 'Allan'	红山茶	半重瓣				

1.2 方法

对植物进行耐热性评价时,除了确定适宜的评价方法和指标外,一个很重要的基础条件就是植株要经过热锻炼(或者在足够热的环境中生长一段时间),这样在热胁迫状态下不同物种、品种的耐热性差异才能表现出来^[9]。为此,本试验在 7 月连续 7 d 36~38 °C 高温天气后取材,对不同茶花品种的叶片进行生理生化测定。相对电导率用电导仪测定法测定^[10~12]。丙二醛摩尔质量浓度用硫代巴比妥酸显色法测定^[10~12]。超氧阴离子产生速率用羟胺氧化法测定^[10]。超氧化物歧化酶活性用 NBT 光还原法测定^[10]。数据分析用 SPSS 10.0 for windows 软件。利用测定的生理生化指标数据进行方差分析、相关性分析、因子(主成分)分析及聚类分析,聚类分析时应用最小方差法进行系统聚类^[13]。

2 结果与分析

2.1 高温胁迫下 15 个茶花品种的耐热性生理生化指标测定

高温胁迫下,15 个茶花品种的相对电导率、超氧阴离子产生速率、丙二醛摩尔质量浓度及超氧化物歧化酶活性见表 2。从表 2 可以看出,持续高温胁迫后,不同茶花品种的相对电导率表现出较大差异,方差分析表明差异极显著 $[F=4.42 > F_{0.01}(14, 30)=2.74]$ 。品种新查理斯顿小姐的相对电导率最高,为 77.30%,其次为金盘荔枝(50.29%),新塔莉尔小姐、皇家天鹅绒和斑色情人节相对电导率亦较大,分别为 47.07%、43.64%和 43.36%;阿兰相对电导率最低,仅为 12.04%,其次是大海伦,为 16.65%。相对电导率最高的新查理斯顿小姐为最低阿兰的 6.42 倍。高温胁迫后,不同茶花品种的超氧阴离子产生速率的差异达到显著水平 $[F=2.45 > F_{0.05}(14, 30)=2.04]$,最高为皇家天鹅绒,达到 98.53 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,斑色情人节亦较高,为 81.28 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,而比尔大齿轮最低,仅为 22.03 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,前两者分别为后者的 4.47 和 3.69 倍。高温胁迫后,不同茶花品种间丙二醛摩尔质量浓度差异亦达到显著水平 $(F=2.38)$,其中斑色情人节和新塔莉尔小姐丙二醛摩尔质量浓度最高,均为 4.42 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$,其次为新查理斯顿小姐(4.12 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$);最低为大海伦和孔雀椿,均为 2.17 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$,其次为皱叶奇花,其丙二醛为 2.35 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 。超氧化物歧化酶活性最高达 78.93 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,其次为 78.41 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$;最低 24.44 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,其次为 26.94 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$,其余均介于 30.57~70.29 $\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ 。方差分析表明,不同茶花品种超氧化物歧化酶活性具差异显著性 $(F=2.26)$ 。

表2 高温胁迫下15个茶花品种的相对电导率、超氧阴离子产生速率、丙二醛摩尔质量浓度和超氧化物歧化酶活性

Table 2 Relative conductivity, O_2^- , MDA and SOD of 15 *Camellia* cultivars in the heat stress

品种 编号	相对电导 率/%	超氧阴离子 产生速率/ ($nmol \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$)	丙二醛/ ($nmol \cdot g^{-1}$)	超氧化物歧 化酶活性/ ($nmol \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$)	品种 编号	相对电导 率/%	超氧阴离子 产生速率/ ($nmol \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$)	丙二醛/ ($nmol \cdot g^{-1}$)	超氧化物歧 化酶活性/ ($nmol \cdot min^{-1} \cdot g^{-1}$)
1	47.07	23.40	4.42	78.93	9	27.12	78.53	2.81	63.82
2	22.40	53.90	2.83	54.32	10	43.64	98.53	2.57	78.41
3	32.65	22.03	2.95	58.38	11	30.00	91.15	2.35	70.29
4	43.36	81.28	4.42	44.99	12	77.30	41.90	4.21	30.57
5	16.65	39.53	2.17	51.38	13	32.20	50.53	2.53	24.44
6	31.55	65.03	2.17	56.74	14	38.06	72.53	3.70	32.47
7	50.29	26.53	2.37	70.03	15	34.06	62.15	2.70	26.94
8	12.04	52.78	2.95	54.49					

2.2 15个茶花品种的耐热性主成分分析

相对电导率、超氧阴离子产生速率、丙二醛摩尔质量浓度和超氧化物歧化酶活性等4个指标因子(主成分)分析结果见表3。从表3可知,第1个主成分对相对电导率和丙二醛摩尔质量浓度有绝对值较大的负荷系数,相关分析表明两者呈显著正相关,相关系数为0.557。第2个主成分负荷系数绝对值较大的为超氧化物歧化酶活性,第3个主成分负荷系数绝对值较大的为超氧阴离子产生速率。根据这些变量的原始含义可以对3个因子进行命名,第1个因子主要包括相对电导率和丙二醛摩尔质量浓度,第2个因子是超氧化物歧化酶活性,第3个因子是超氧阴离子产生速率。其中第1主因子贡献率达41.656%,第2主因子贡献率达24.141%,第3主因子贡献率达23.212%,3个主因子累积贡献率达89.009%。根据有关因子得分系数获得主成分表达式,利用主成分表达式得到15个茶花品种的新变量(表4)。主成分表达式:主成分1=0.585×相对电导率+0.566×丙二醛摩尔质量浓度+0.068×超氧化物歧化酶活性+0.068×超氧阴离子产生速率;主成分2=0.102×相对电导率-0.013×丙二醛摩尔质量浓度+1.004×超氧化物歧化酶活性-0.009×超氧阴离子产生速率;主成分3=0.036×相对电导率+0.056×丙二醛摩尔质量浓度-0.009×超氧化物歧化酶活性+1.009×超氧阴离子产生速率。

表3 总方差分解及有关因子得分系数

Table 3 Total variance explained and component score coefficient matrix

各主成分 序号	相关矩阵的特征值			旋转后因子载荷的平方和			有关因子得分系数			
	特征值	百分比/%	累积百分比/%	特征值	百分比/%	累积百分比/%	相对电导 率/%	丙二醛	超氧化物 歧化酶活性	超氧阴离子 产生速率
1	1.666	41.656	41.656	1.555	38.880	38.880	0.585	0.566	0.068	0.068
2	0.966	24.141	65.797	1.004	25.110	63.989	0.102	-0.013	1.004	-0.009
3	0.928	23.212	89.009	1.001	25.020	89.009	0.036	0.056	-0.009	1.009
4	0.440	10.991	100							

2.3 15个茶花品种的耐热性聚类分析

利用最小方差法,对15个茶花品种高温胁迫下测定的相对电导率、超氧化物歧化酶活性、超氧阴离子产生速率和丙二醛摩尔质量浓度进行聚类分析(图1),结合利用主成分表达式得到的15个茶花品种3个因子(主成分)得分的新变量(表4),将15个茶花品种分为4类,即热敏感、热中等敏感、中等耐热和较耐热4个等级,耐热性依次增强。热敏感型包括云南山茶品种新塔莉尔小姐、云南山茶杂种比尔大齿轮和托桂型红山茶品种金盘荔枝,耐热性最差;热中等敏感型包括5个品种:云南山茶杂种斑色情人节和山茶之都,红山茶品种克瑞墨大牡丹(牡丹型)、新查里斯顿小姐(牡丹型)和牛西奥

表 4 15 个茶花品种 3 个因子(主成分)得分的新变量

Table 4 New variables of three component scores of 15 *Camellia* cultivars

品种编号	主成分 1	主成分 2	主成分 3	品种编号	主成分 1	主成分 2	主成分 3	品种编号	主成分 1	主成分 2	主成分 3
1	36.996	83.779	24.842	6	27.965	59.572	66.362	11	29.858	72.780	92.549
2	22.065	56.300	54.861	7	37.327	75.170	28.082	12	52.531	38.145	45.021
3	26.238	61.707	23.043	8	16.007	55.423	53.363	13	25.367	27.335	52.066
4	36.454	48.804	83.415	9	27.135	66.098	79.796	14	31.499	35.781	74.468
5	17.150	52.900	40.144	10	39.016	82.255	100.426	15	27.511	29.927	63.844

雕石(重瓣型); 中等耐热型包括黑魔法、皱叶奇花和皇家天鹅绒等 3 个半重瓣型红山茶品种; 耐热型包括 4 个品种: 茶梅品种冬星, 红山茶品种阿兰(半重瓣)、大海伦(重瓣)和孔雀椿(单瓣), 耐热性最强。

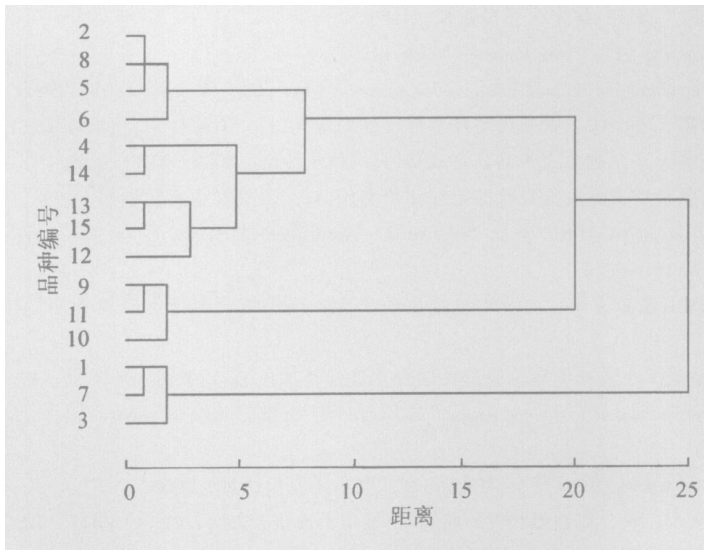


图 1 15 个茶花品种耐热性聚类分析树状图

Figure 1 Cluster dendrogram of heat tolerance of 15 *Camellia* cultivars

3 讨论

试验中 15 个茶花品种分别属于云南山茶及其杂种、红山茶及茶梅三大品种群, 经过热锻炼(连续 7 d 36~38 °C 高温胁迫), 不同品种表现出较好的耐热性差异。如高温胁迫使茶花的膜透性增加, 相对电导率较大的品种耐热性较差; 丙二醛摩尔质量浓度的高低与植物在逆境中的受伤害程度成正比相关^[10], 高温胁迫后, 丙二醛摩尔质量浓度越高说明茶花品种耐热性越差; 高温胁迫加速超氧阴离子产生, 同时影响超氧化物歧化酶等抗氧化酶的活性, 超氧阴离子产生与抗氧化酶的活性在正常条件下存在动态平衡, 逆境下平衡被打破, 产生脂质过氧化, 积累自由基产物丙二醛^[14]。试验所选生理生化指标均为耐热性鉴定中得到普遍认可的^[14], 经方差分析具有差异显著性, 能够有效区分不同茶花品种耐热性, 但不同生理生化指标所测得结果不尽一致。通过应用 SPSS 统计分析方法, 将不同生理生化指标测定结果进行系统聚类, 结合耐热性主成分分析, 综合考虑各种因素, 有效减少了单一指标的试验误差。

15 个茶花品种耐热性主成分分析及聚类分析表明, 云南山茶及其杂种为热敏感或热中等敏感型, 耐热性较差; 茶梅为较耐热型, 耐热性强; 而红山茶品种出现在各种类型中, 耐热性变化范围较大。就花型与耐热性关系而言, 耐热性最强的 3 个红山茶品种孔雀椿、阿兰和大海伦分别为单瓣、半重瓣和重瓣类型, 耐热性最差的红山茶品种金盘荔枝为托桂型, 耐热性中等的红山茶品种包括半重瓣型、

牡丹型和重瓣型；云南山茶及其杂种种群中热敏感型为牡丹型和半重瓣型，热中等敏感型为托桂型和重瓣型。可见，茶花品种耐热性与其花型相关性不大，这与茶花耐寒性研究结果一致^[15]。

云南山茶起源于西南高原地区，海拔较高，夏季气温相对较低；而红山茶起源于华东地区，海拔较低，夏季炎热；茶梅原产日本，在日本及我国华东地区广泛栽培。形态特征上，云南山茶及其杂种多为乔木型，叶片大，厚革质，花较大；茶梅多为小灌木，叶片小，薄革质，花较小；而红山茶品种则介于两者之间，为灌木至小乔木型，叶片、花径大小中等^[3]。茶花品种的这些形态特征可能与它们长期生长发育的环境有关。茶花耐热性与其某些形态特征是否具有一定相关性，有待进一步研究。

参考文献：

- [1] 高继银, 陈绍云, 徐碧玉. 世界名贵茶花[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1998.
- [2] 闵天禄. 世界山茶属的研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000.
- [3] 庄瑞林. 中国山茶[M]. 海口: 海南人民出版社, 1989.
- [4] RAY B. Cold hardy *Camellia* [J]. *Amer Camellia Yearb*, 1992; 3-5.
- [5] WALLIAM L. History and Progress on cold hardiness in *Camellia* [J]. *Amer Camellia Yearb*, 1987; 13-16.
- [6] 孙仲序, 刘静, 邱治霖, 等. 山东省茶树耐寒变异特性的研究[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 61-65.
- [7] 张先顺. 重瓣山茶花露天安全越冬在青岛获得成功[J]. 林业经济, 2000, 23(1): 62.
- [8] 王平盛, 许玫. 云南茶种质资源主要性状鉴定和评价利用[J]. 云南农业大学学报, 1998, 13(4): 387-391.
- [9] REYNOLDS M P, ORTIZ-MONASTERIO J A, MCNAB A. *Application of Physiology in Wheat Breeding* [M]. Mexico D F: CIMMYT, 2001; 124-135.
- [10] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [11] 舍戈. 未结冰低温胁迫下小麦叶细胞质膜透性的变化进程及性质[J]. 植物生理学报, 1991, 17(3): 295-300.
- [12] CHEN H J. Electrolyte leakage and ethylene production induced by chilling injury of papayas [J]. *Hortscience*, 1985, 20(6): 1070-1072.
- [13] 卢纹岱. SPSS 10.0 for windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [14] 马晓娣, 彭惠茹, 汪矛, 等. 作物耐热性评价[J]. 植物学通报, 2004, 21(4): 411-418.
- [15] 庄瑞林. 山茶的耐寒性问题[J]. 经济林研究, 1993, 11(2): 79-80.

Heat tolerance of 15 *Camellia* cultivars under heat stress

LI Ji-yuan, LI Xin-lei, FAN Miao-hua, TIAN Min, FAN Zheng-qi

(The Research Institute of Subtropical Forestry, The Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang China)

Abstract: Heat tolerance of 15 *Camellia* cultivars was studied using physiological and biochemical mensuration as well as an SPSS statistical analysis. Results indicated that heat tolerance of different *Camellia* cultivars could be distinguished effectively under a heat stress between 36-38 °C for one week and could be effectively evaluated using a main component analysis and cluster analysis from physiological and biochemical mensuration. Cultivars originating from *C. reticulata* and its hybrids had the worst heat tolerance, cultivars of *C. sasanqua* had better heat tolerance, and cultivars of *C. japonica* varied over a large range. Heat tolerance of *Camellia* cultivars had little correlation with flower types. [Ch, 1 fig, 4 tab, 15 ref.]

Key words: botany; heat stress; *Camellia*; physiology and biochemistry; heat tolerance