

广州市 17 种引入植物的耐热性评价与分析

Evaluation and Analysis of Heat Tolerance of 17 Introduced Plants in Guangzhou

黄嘉宇 黄颂谊* 罗怡柳

HUANG Jia-yu, HUANG Song-yi*, LUO Yi-liu

摘要: 为了解 17 种 (含种下分类单位) 引入植物在广州地区的越夏能力, 通过植物的田间生长状态、叶绿素含量、叶面温度等指标进行耐热性分析。实验结果表明, 聚类分析 (Ward 最小方差) 将 17 种引入植物分为耐热类群和不耐热类群, 耐热类群在高温环境下性状较为稳定, 包括柳枝稷 *Panicum virgatum*、萱草 *Hemerocallis fulva*、雄黄兰 *Crocasmia × crocosmiiflora*、穗花牡荆 *Vitex agnus-castus*、山桃草 *Oenothera lindheimeri* 5 种植物, 适应广州夏季的高温高湿环境; 其余 12 种植物归属不耐热类群, 在高温高湿环境下容易出现叶片失绿变黄、萎蔫等症状, 长势较差, 耐热性一般。

关键词: 植物; 耐热性; 热害指数

中图分类号: S688

文献标志码: A

文章编号: 1671-2641 (2021) 03-0041-04

收稿日期: 2020-08-14

修回日期: 2020-12-24

Abstract: In order to understand the over-summer ability of 17 introduced plants in Guangzhou, the heat tolerance analysis was carried out based on the field growth status, chlorophyll content, leaf temperature and other indicators of the plants. The experimental results showed that the 17 introduced plants were divided into heat tolerant groups and heat intolerant groups through cluster analysis (Ward minimum variance). The heat tolerant group has stable characteristics under the high temperature and high humidity environment of Guangzhou in summer, including *Panicum virgatum*, *Hemerocallis fulva*, *Crocasmia × crocosmiiflora*, *Vitex agnus-castus* and *Oenothera lindheimeri*. The remaining 12 species of plants are heat intolerant groups, which are prone to symptoms such as yellowing and wilting of leaves under high temperature and high humidity environment, and their growth is poor and heat tolerance is average.

Key words: Plant; Heat tolerance; Heat Injury Index

植物的耐热性是植物在高温、高湿、干旱等多种因素影响下的一种复杂的综合性状。持续高温会使植物活力降低、萎蔫或出现病虫害, 影响其正常的生长发育和新陈代谢, 严重时会导致植物死亡。在全球变暖的背景下, 耐热性是植物 (尤其是原产温带寒带地区的引入植物) 能否成功越夏的关键因素之一, 也是热带、亚热带地区观赏植物培育关注的主要性状之一^[1]。

生长环境的温度超过植物体的耐受限度, 会使植株的光合酶发生钝化, 甚至能破坏叶绿体结构^[2]。这一系列反应在宏观上表现为热害征状的出现^[3], 如叶片失水皱缩、叶色变淡、花色变浅、花量变少、植株生长缓慢等。因此植物热害征状出现的早晚和程度, 可用于区分不同植物的耐热性差异^[4]。通过计算热害指数能客观地

反映植株在高温胁迫下的耐热能力, 热害指数越高, 植株耐热性越差。

而叶面温度和叶绿素相对含量则能从生理层面上反映植物在高温环境下的变化。受蒸腾作用、环境湿度和叶片质地等多种因素影响, 植物叶片表面温度通常与环境温度存在差距, 其能更直接地表现出植物本身所承受的高温, 且叶片作为光合作用的主要器官, 对热胁迫反应也较为敏感, 容易在环境的影响下发生形态和结构上的变化^[5-7]。耐热性强的植物能在高温环境下保持叶绿体的稳定性和完整性, 保证植物体养分的正常供应; 而耐热性差的植物的叶绿体则容易在高温条件下变形或破裂, 导致植物体正常的营养供应链断裂^[4]。因此, 叶绿素含量常被用作测定植物耐热性的指标之一^[8-9], 在铁线莲 *Clematis florida*^[10] 和苏铁 *Cycas revoluta*^[11] 的

研究中都发现其与耐热性相关, 耐热性弱的种类叶绿素含量较低。

植物耐热性分析除部分植物可采用单一指标 (普适性较低) 外^[12], 常采用多指标体系进行分析与评价^[13-15]。刘易超等^[16-18]在对菊花 *Chrysanthemum morifolium* 和切花菊的研究中指出, 应采用田间观察与生理指标相结合的方式对耐热性综合评价。许多观赏植物包括鸢尾 *Iris tectorum*^[19]、仙客来 *Cyclamen persicum*^[5,20]、百合 *Lilium spp.*^[21-22]、万寿菊属 *Tagetes* 植物^[4]、杜鹃 *Rhododendron simsii*^[23-24] 等也都有过耐热性评价相关的实验报道。

广州市位于热带-亚热带过渡区, 年均气温为 20~22℃, 高温天气持续时间长; 最热月 7 月平均温度达 28.7℃, 最冷月为 1 月, 平均温度为 9~16℃。广州 7—8 月份日均最高气

温达 34℃，最低气温达 27℃，引种植物能否成功越夏是育种工作者们关注的主要问题之一。为增加广州多年生花境植物种类多样性，本实验通过对 17 种（含种下分类单位）植物进行耐热性分析与评价，期望筛选出适应广州地区夏季高温高湿环境的植物种类。

1 材料与方法

1.1 植物材料

17 种引入植物分别为穗花牡荆 *Vitex agnus-castus*、雄黄兰（火星花）*Crocasmia × crocosmiflora*、山桃草（千鸟花）*Oenothera lindheimeri*、紫娇花 *Tulbaghia violacea*、花叶紫娇花 *Tulbaghia* spp.、百子莲 *Agapanthus africanus*、矮生百子莲 *Agapanthus africanus* ‘Blue Ball’、萱草 *Hemerocallis fulva*、柳枝稷 *Panicum virgatum*、火焰狼尾草 *Pennisetum setaceum* ‘Fire Works’、红巨人朱蕉 *Cordyline fruticosa*、彩叶朱蕉 *Cordyline fruticosa* ‘Amabilis’、花叶熊掌木 *Fatschedera lizei* ‘Variegata’、无尽夏绣球 *Hydrangea macrophylla* ‘Endless Summer’ 和麻兰（新西兰麻）*Phormium tenax* 3 个品种 ‘金边’ ‘粉边’ ‘青铜’。

植物材料引自昆明云上花境公司，原栽植地为云南昆明，引入后种植于广州市陈田花园苗圃（133.29811°E，23.21470°N）。

1.2 实验方法

于 2019 年 7 月 1 日—8 月 31 日，对 17 种植物的田间生长状态、叶绿素含量、叶面温度和光照强度、环境温度湿度等指标进行观测记录，观测频率为 7~10 天 / 次，选择晴天 14:00—16:00 进行观测，采用热害指数、叶面温度、叶绿素含量对植物的耐热性进行评价与分析。

1.2.1 热害指数

现场观测植株的热害征状，包括叶色、叶形、植株状态、新芽状况等，其分级体系参考田治国等^[4]的进行调整（表 1）。并根据热害征状计算热害指数。

热害指数 = $\sum (\text{级别株数} \times \text{级别数}) / (\text{最高级数} \times \text{处理总株数}) \times 100\%$ (1)

1.2.2 生理及环境指标

叶绿素相对含量、叶面温度采用叶绿素测定仪（TYS-B），于植株中部的叶片中段进行测定，重复 3 次取平均值。种植地的光照强度使用照度计（GM1020）测定，并测定环境温度、湿度。

2 结果与分析

2.1 形态变化和热害指数

观测发现，大部分植物种类的叶色出现较为明显的差异，随着环境温度的升高和时间的推移，花叶紫娇花、麻兰和红巨人朱蕉等均出现叶色变化，叶片逐渐失绿变黄，且该征状的出现时间和严重程度在不同种类之间有着较为明显的差异。而叶形、新叶

以及植株整体状态 3 个观测指标则相对稳定，仅个别种类出现较为严重的征状，如矮生百子莲出现明显叶片卷曲和新叶皱缩，彩叶朱蕉出现死亡。因此，本文以叶色作为代表征状，计算热害指数。

根据不同时期植物的热害指数和叶绿素含量，归一化后采用欧氏距离进行 k- 均值和 Ward 最小方差聚类分析。根据 k- 均值划分，将 17 种植物分为耐热和不耐热两个类群（图 1）。其中，耐热类群包括柳枝稷、萱草、雄黄兰、穗花牡荆、山桃草 5 种植物，在高温环境下性状较为稳定，热害征状不明显，热害指数也相对较稳定，仅有小幅度波动或保持不变，大部分植物叶绿素相对含量在观测末期出现小幅度增加，植株长势稍差，但花期正常。其余 12 种植物属于不耐热类群，在高温环境下热害征状逐渐加重，植株叶片萎蔫、黄化严重，出现大量

表 1 热害征状分级表

观测指标	表现			
	1 级	2 级	3 级	4 级
叶色	正常	小部分枯黄	大部分枯黄	枯黄发黑
叶形	正常	小部分卷曲	大部分卷曲萎蔫	整体枯死
新叶	正常	皱缩	焦灼发黄	枯死
植株整体状态	正常	直立萎蔫	倒伏萎蔫	枯死

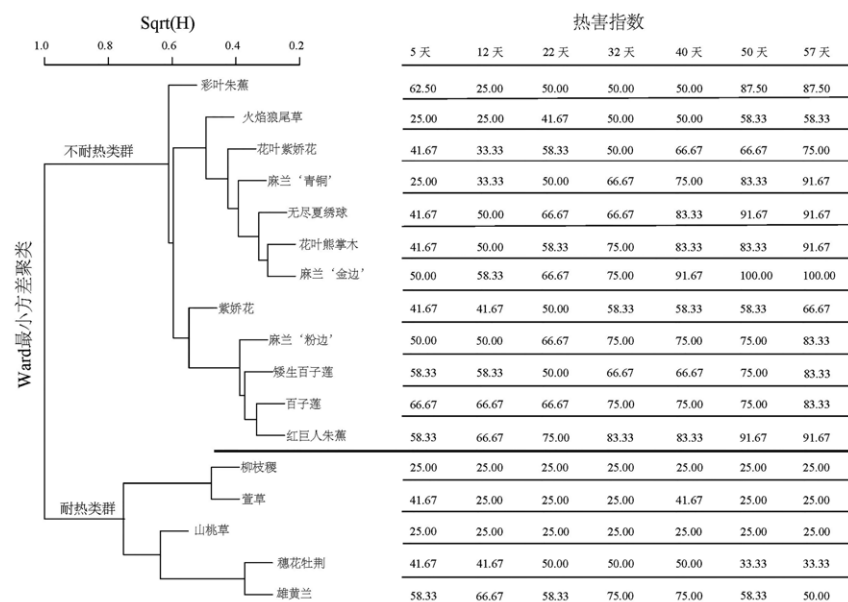


图 1 Ward 最小方差聚类分析与热害指数

枯黄和斑点，长势极差，热害指数持续上升，趋近于 100。

2.2 叶绿素相对含量变化

叶绿素是植物光合作用的主要色素，是反映植物光合作用强弱、植株健康状态的主要指标之一^[25]。试验发现，绝大部分植物（76.5%）的叶绿素相对含量出现不同程度的降低，整体趋势为先增后降（图 2）。不耐热类群植物的叶绿素相对含量波动幅度较大，大部分植物的叶绿素相对含量在观测期最后达到最低值，其中麻兰‘金边’、红巨人朱蕉和彩叶朱蕉自进入 7 月后生长势持续减弱，叶绿素相对含量大幅降低，麻兰‘金边’和彩叶朱蕉在观测期间出现死亡，耐热性极差。麻兰的另外两个品种‘青铜’和‘粉边’在高温环境下同样长势较差，叶绿素相对含量急剧降低。耐热类群的 5 种植物叶绿素相对含

量波动幅度较小，最大波动值小于 13，整体变化趋势接近稳定。

2.3 叶面温度与环境因子

观测期间环境温度与空气湿度的变化趋势几乎相逆，温度降低时湿度增加，形成“桑拿天”，导致体感温度不变甚至上升。17 种植物的叶面温度除个别时段外均高于环境温度（图 3），叶面温度与环境温度相关性极高（ $p < 0.01$ ），与植物种类相关性不大。在第 32 天即 8 月 2 日，因前几日的暴雨，环境温度较之前稍有下降，但空气湿度大幅上升，植物处于“桑拿天”环境下，叶面温度高于环境温度，降幅较低，实际降温效果略差于环境降温。随着观测时间的推移，叶面温度与环境温度的差距逐渐拉大，植物体出现的热害症状持续加重。

观测后期光照强度急剧增强（图 4），大大增加了植物度夏的

环境压力，对于长期暴露在高温环境下植物的正常生长十分不利。麻兰‘金边’和彩叶朱蕉在此阶段出现死亡。

3 结论与讨论

在本试验中，17 种引入植物经历广州最热时期（7—8 月）后，形态和生理对高温的响应差异较明显。根据耐热性分析将 17 种植物分为耐热类群和不耐热类群，耐热类群在高温环境下性状较为稳定，包括柳枝稷、萱草、雄黄兰、穗花牡荆、山桃草 5 种植物，耐热性良好，能在高温高湿环境下露天生长，对广州地区环境的适应性较强；不耐热类群在高温环境下容易出现叶片失绿变黄等征状，包括紫娇花、火焰狼尾草、百子莲、无尽夏绣球、花叶熊掌木、矮生百子莲、红巨人朱蕉、彩叶朱蕉、花叶紫娇花、麻兰‘青铜’、麻兰‘粉边’及麻兰‘金边’12 种，耐热性一般，在高温高湿环境下长势较差，需要较好的养护管理条件。

受植物自身生长习性 & 形态影响，不同植物对同一生长环境的适应能力存在差异。为了应对高温环境，部分植物进化出革质、蜡质、密生绒毛的叶片等性状以更有效地反射阳光，降低自身温度，提高耐热性^[26]。在报春花属 *Primula* 植物中研究发现，比起耐热性差的种类，耐热性强的灰岩皱叶报春 *Primula forrestii* 的叶片厚度更大，叶肉细胞排列紧密，叶片表面着生大量的表皮毛和粉粒^[27]。但在本研究中却发现，不耐热类群中的植物多为肉质叶和革质叶，这与以往相关研究得出的结论不符。进一步分析耐热性极差的麻兰、红巨人朱蕉等植物，发现其原产地均为气候较为凉爽的新西兰及澳洲地区，与广州高温高湿的气候条件相去甚远，难以适应广州 7—8 月份的高温环境，热害征状均较为严重。而耐热类群的植物原产地多为温暖湿润地区，与广州气候条件相对较为贴合，植物适应性较强。

综上，广州夏季高温高湿且持续时间长，对植物耐热性能力要求较高，

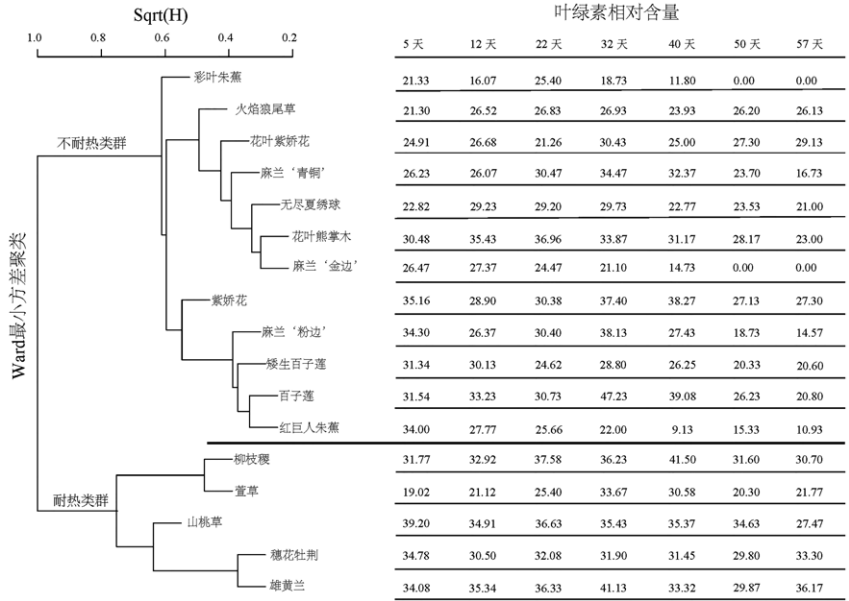


图 2 Ward 最小方差聚类分析与叶绿素相对含量

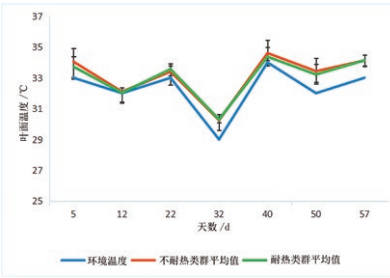


图 3 叶面温度及环境温度变化

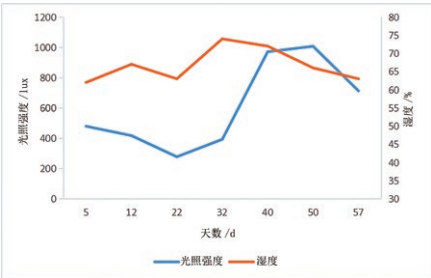


图 4 湿度和光照强度变化

在进行引种时应多选择原产地气候环境与广州相似或耐热性强的植物，否则即使植物能顺利度夏，观赏性状也不明显。不耐热类群的植物多为原产温带的彩叶植物，正常状态下观赏性较高，在管养较为粗放的绿化带或公园内较难存活，但在苗圃精细化管养下也可作为时令花卉来使用。

注：图片均为作者自绘。

参考文献：

- [1] 张志忠, 黄碧琦, 吕柳新. 蔬菜作物的高温伤害及其耐热性研究进展[J]. 福建农林大学学报(自然版), 2002, 31(2): 203-207.
- [2] 蒋高明, 常杰, 高玉宝, 等. 植物生理生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [3] 王涛, 田雪瑶, 谢寅峰, 等. 植物耐热性研究进展[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2013(5): 719-726.
- [4] 田治国. 万寿菊属植物耐热性与抗旱性的评价及生长生理特性的研究[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2012.
- [5] 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.
- [6] 苗琛, 利容千, 王建波. 热胁迫下不结球白菜和甘蓝叶片组织结构的变化[J]. 植物科学学报, 1994, 12(3): 207-211.
- [7] 韩笑冰, 利容千. 热胁迫下萝卜不同耐热性品种细胞组织结构比较[J]. 武汉植物学研究, 1997, 15(2): 173-178.

- [8] 周伟辉, 薛大伟, 张国平. 耐水稻基因型的鉴定及相关生理特征分析(英文)[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012, 38(1): 1-9.
- [9] 黄显波, 严寒, 胡建林, 等. 高温胁迫下水稻幼苗几个相关生理指标的变化[J]. 长江大学学报(自然科学版)农学卷, 2008(2): 50-53.
- [10] 刘志高, 邵伟丽, 申亚梅, 等. 铁线莲品种耐热性分析及评价指标筛选[J]. 核农学报, 2020, 34(1): 203-213.
- [11] 郑艳玲, 马焕成. 热胁迫对多歧苏铁叶绿素含量及荧光特性的影响[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2016, 36(3): 1-6.
- [12] 胡永红, 张启翔, 封培波. 宿根花卉抗寒、耐热鉴定研究[J]. 中国园林, 2004, 20(6): 75-77.
- [13] 张燕利, 高捍东, 吴锦华. 4种景天科植物耐热性测定[J]. 西南林业大学学报, 2010, 30(6): 52-54.
- [14] 王凯红, 刘向平, 张乐华, 等. 5种杜鹃幼苗对高温胁迫的生理生化响应及耐热性综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20(3): 29-35.
- [15] 张乐华, 周广, 孙宝腾, 等. 高温胁迫对两种常绿杜鹃亚属植物幼苗生理生化特性的影响[J]. 植物科学学报, 2011, 29(3): 362-369.
- [16] 刘易超, 杨际双, 肖建忠, 等. 高温胁迫对菊花叶片部分生理参数的影响[J]. 河北农业大学学报, 2011(6): 46-49.
- [17] 吴友根, 林允奋, 李绍鹏, 等. 热胁迫下菊花生理变化及其耐热性指标的确定[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(2): 362-365.
- [18] 杨丽, 杨际双. 切花菊耐热性鉴定方法研究[J]. 西北林学院学报, 2010(3): 32-35.
- [19] 毛静, 董艳芳, 周媛, 等. 十六个德国鸢尾品种的耐热性评价[J]. 北方园艺, 2019, 426(3): 100-106.
- [20] 高天, 马锋旺, 梁东. 高温胁迫对两个仙客来

- 品种抗氧化系统的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(6): 82-84.
- [21] 刘雪凝, 杨利平. 热胁迫对亚洲百合耐热性的诱导[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(5): 64-66.
- [22] 尹慧, 陈秋明, 何秀丽, 等. 短暂高温对百合植株抗氧化酶系统的影响[J]. 园艺学报, 2007(2): 509-512.
- [23] 王凯红, 刘向平, 张乐华, 等. 5种杜鹃幼苗对高温胁迫的生理生化响应及耐热性综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20(3): 29-35.
- [24] 张乐华, 孙宝腾, 周广, 等. 高温胁迫下五种杜鹃花属植物的生理变化及其耐热性比较[J]. 广西植物, 2011, 31(5): 651-658.
- [25] 崔勤, 李新丽, 翟淑芝. 小麦叶片叶绿素含量测定的分光光度计法[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 45-48.
- [26] 刘祖棋, 张石城. 植物抗性生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [27] 胡伟娟, 张启翔, 潘会堂, 等. 报春叶片解剖结构与耐热性的关系[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(3): 363-368.

作者简介：

黄嘉宇/1991年生/男/广东惠来人/本科/广州市建筑集团有限公司(广州510000)/助理工程师/专业方向为园林工程与技术、植物应用研究

(*通信作者)黄颂谊/1982年生/女/广东广州人/华南理工大学建筑学院风景园林系(广州510000)/在读博士研究生/园林正高级工程师/研究方向为风景园林工程与技术、园林植物与应用/E-mail: 475412969@qq.com

罗怡柳/1992年生/女/广东梅州人/硕士研究生/广州市绿化公司(广州510440)/助理工程师/专业方向为风景园林施工与园林植物应用

简讯

庆祝中国共产党成立100周年——吴云峰、李石明画展

由广东园林学会、广东园林学会书画艺术专业委员会、广州文化公园共同主办，广州羊城书法研究会、广州友声书画院协办的“庆祝中国共产党成立100周年——吴云峰、李石明画展”于2021年5月13—20日在广州文化公园展出。各界的领导嘉宾们、书画艺术家们和书画爱好者们出席了画展的开幕式。

此次画展收录了吴云峰、李石明师徒作品70余幅。

吴云峰老师历任广州市美术家协会第二、三、四届副主席，中国书画函授大学广州分校国画系副主任，羊城书画艺术学校国画专业主任，广东园林学会书画艺术专业委员会主任委员。他的作品多以竹、花、鸟为题材，表现出南粤的风采和清新明逸的精神，给人们一种回归自然、欣欣向

荣的美好感受。

李石明老师现为广东园林学会书画专业委员会秘书长、广州羊城书法研究会会员、荔枝湾文化交流协会理事。其展出作品多以鱼类和摩托车赛车为主题，画中摩托车动感十足，鱼栩栩如生。

此次画展满怀激情，以新形式、新视觉、新观点、水墨与色彩、传统与现代等表现形式，共同探讨、同道交流，为中华文化添新彩。

广东园林学会书画艺术专业委员会 供稿

《广东园林》编辑部 整理