

DOI:10.11937/bfyy.201517017

# 三种班克木抗旱生理特性及其评价

翁殊斐, 董 淼, 陈华平, 柯 羽, 王琳琅

(华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642)

**摘 要:**以露地栽培的边沁班克木(*B. benthamiana*)、多刺班克木(*B. spinulosa*)、沼泽班克木(*B. robur*) 3种班克木的5年生植株为试材,采用隶属函数的方法,于不同季节通过对其生理生化指标的测定、分析,研究了不同水分条件下各植物抗旱性指标的变化特征和综合效应。结果表明:抗旱性强弱顺序为边沁班克木>多刺班克木>沼泽班克木;超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量和可溶性蛋白质含量等指标可以较好地反映班克木的抗旱性。

**关键词:**园林植物;木本花卉;班克木;抗旱性;生理指标

**中图分类号:**TU 986.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)17-0066-04

广东地区虽降雨量充沛,但地区分布、月分布和年分布不均匀,工程型缺水 and 季节型缺水的问题经常存在<sup>[1]</sup>。城市园林绿地中的灌木,在干旱季节能得到人工浇灌而维持良好的生长。然而,城郊或乡村的绿道(郊野型、生态型)和生态景观林带,无论是交通条件还是管理设备,都无法达到城市绿地管理的水平;另外,在规划、建设上,由于资金投入的限制,预算的养护管理成本都很低,加之城乡土壤结构差、持水性差的问题普遍存在,因而加剧了干旱对园林灌木生存和健康生长的威胁。

班克木属(*Banksia*)植物属山龙眼科常绿匍匐灌木至小乔木,原产于澳大利亚西南部<sup>[2]</sup>,是集观花、观果价值和生态恢复作用于一体的优良园林植物;其适应性强,耐干旱、贫瘠,防风固沙和改良土壤能力强,可作荒

山造林、海岸边绿化<sup>[3]</sup>。近年来,我国开始引种班克木,正在摸索适宜本地生长的班克木种类及大规模生产的栽培技术<sup>[4]</sup>,现以初步引种成功的3种班克木为材料,参考前人研究抗旱性的指标<sup>[5-6]</sup>,通过分析不同季节班克木抗性生理生化指标的差异,了解班克木对以干旱为主的逆境的适应性,以期对班克木属植物在华南地区引种、栽培和推广提供理论基础和科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于广东省佛山市三水区苗圃,属于亚热带海洋性季风气候,降雨与气温常年值如表1。降雨量从10月开始明显降低,12月为一年中的最低值;而气温的变化则相对平缓。

表 1

佛山市降雨与气温月、年常年值

Table 1 The average monthly and annual rainfall and temperature in Foshan

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年 Annual
降水量 Precipitation/mm	45.4	69.6	89.9	166.5	247.3	275.8	230.2	225.0	194.4	67.9	37.5	27.9	1 677.4
平均气温 Average temperature/℃	14.0	15.2	18.2	22.6	26.2	28.1	29.3	29.3	27.9	25.0	20.2	15.7	22.6

注:数据来源广东气象局(<http://www.grmc.gov.cn>)。

Note: Data from the Guangdong Meteorological Service (<http://www.grmc.gov.cn>).

### 1.2 试验材料

选择露地栽培的5年生班克木为研究对象。3种班克木的形态特征与分布如下:沼泽班克木(*Banksia robur* Cavanilles),灌木,高2~3 m,树干光滑;叶倒卵状椭圆形,硬革质,长12~30 cm,宽5~17 cm,叶缘有锯齿;花

序圆柱形顶生,金黄色;花期1—7月。主要分布在澳大利亚新南威尔士州和昆士兰州,年降雨量800~1 000 mm。边沁班克木(*B. benthamiana* Gardner),灌木,高4 m,树皮灰色。叶线形,长10~25 cm,宽5~10 mm,具锯齿;花序圆柱形,花金橙色至橙棕色;花期5—7月。主要分布在西澳大利亚,夏季平均气温29℃,冬季平均气温18℃,年降雨量约300 mm。多刺班克木(*B. spinulosa* Smith),灌木,高3 m,叶线形至狭倒卵形,顶端圆钝,长3~12 cm,叶缘锯齿。花序圆柱形,花金色或黄色;花期

**第一作者简介:**翁殊斐(1969-),女,博士,副教授,研究方向为园林植物应用与城市绿化。E-mail:shufeiweng@scau.edu.cn.

**基金项目:**广东省科技计划资助项目(2013B020302004)。

**收稿日期:**2015-05-25

9—11月。主要分布在澳大利亚昆士兰州,夏季气温在20~30℃,冬季最低气温-5℃,年降雨量600~1 200 mm。

### 1.3 试验方法

每种选择3~5株生长健壮、无病虫害的植株,在其东、南、西、北方向采集样品,每次采集成熟叶20~50片,采集到的叶片清洗后保鲜。设8月上旬、10月下旬、12月中旬3个取样时间,把3次取样所测抗性生理指标的差异,认为主要是由水分因子的差异所导致的,其结果表示3种班克木抗旱性的强弱。

### 1.4 项目测定

参考王学奎<sup>[7]</sup>的方法,采用氮蓝四唑(NBT)法叶片测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定叶片丙二醛(MDA)含量,采用蒽酮比色法测定叶片可溶性糖含量,采用考马斯亮蓝G-250法测定叶片可溶性蛋白质含量,采用酸性茚三酮法测定叶片游离脯氨酸含量。各项生理指标的测定,均重复3次。

### 1.5 数据分析

用Excel整理原始数据及作图,运用SPSS 19.0软件进行方差分析,最后应用模糊隶属法函数<sup>[6]</sup>综合评价出3种植物的抗旱性高低。

## 2 结果与分析

### 2.1 班克木叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性变化分析

从表2可以看出,8—12月3种班克木超氧化物歧化酶(SOD)活性呈上升趋势,活性逐渐增强,其中3种班克木SOD活性8—10月分别增加2.1、2.5、1.1倍,比10—12月的增幅大。仅沼泽班克木的SOD活性在不同季节均差异显著,显示其可对水分胁迫做出积极响应。结果显示,随土壤和空气湿度的降低,3种班克木通过增加SOD活性,以提高适应干旱胁迫的能力。从SOD活性的种间变化趋势来看,在同一月份,边沁班克木的SOD活性始终保持在最大,多刺班克木次之,沼泽班克木最小,显示边沁班克木适应环境变化能力最强。

### 2.2 班克木叶片丙二醛(MDA)含量变化分析

由表2可知,3种班克木在8月时MDA含量较高,这可能因为广东地区夏季过高的气温破坏了班克木光合和呼吸作用的平衡,使质膜受损,从而导致MDA含量增加。而随后在10月,班克木通过调整代谢水平,控制MDA含量水平以适应环境。12月随着水分的进一步减少,沼泽班克木、多刺班克木MDA含量明显呈现上升,分别达到2.4倍和4.5倍,而边沁班克木在10月和12月含量稳定。因此,边沁班克木在水分相对匮乏的秋、冬季,脂膜损伤程度较轻,适应水分胁迫的能力较强<sup>[8]</sup>。

表2 不同季节3种班克木生理指标方差分析

Table 2 Variance analysis of physiological index of the three species of *Banksia*

指标 Index	月份 Month	沼泽班克木 <i>Banksia robur</i>	边沁班克木 <i>Banksia benthamiana</i>	多刺班克木 <i>Banksia spinulosa</i>
超氧化物歧化酶活性 SOD activity (U·g <sup>-1</sup> FW)	8月	6.46±1.22c	13.49±4.21b	11.99±2.41b
	10月	20.08±2.77b	46.74±12.17a	25.33±3.81ab
	12月	32.77±1.07a	56.27±7.50a	39.01±4.95a
丙二醛含量 MDA content (μmol·L <sup>-1</sup> )	8月	0.07±0.01a	0.08±0.01a	0.08±0.01a
	10月	0.02±0.00c	0.02±0.00b	0.01±0.00c
	12月	0.05±0.01b	0.02±0.00b	0.05±0.00b
可溶性糖含量 Soluble sugar content (mg·g <sup>-1</sup> )	8月	113.31±5.66b	71.43±1.75b	30.23±1.83c
	10月	120.62±9.14b	78.72±3.61b	99.39±3.15b
	12月	147.90±1.19a	90.58±1.51a	113.06±0.79a

注:字母标注表示不同时间同种班克木叶指标之间的差异显著性,不同小写字母为差异达显著水平( $P<0.05$ ),下同。

Note: Letters marked represent the difference degree between the leaf traits index of the same species of *Banksia* at different times, and different lowercase letters represent the difference was significant ( $P<0.05$ ), the same below.

### 2.3 班克木叶片可溶性糖含量变化分析

从表2可以看出,8—12月3种班克木的可溶性糖含量均逐步上升。不同季节的多刺班克木的可溶性糖含量变化均达到显著水平;8月与10月沼泽班克木和边沁班克木的可溶性糖含量无差异,而12月则显著增加。由于可溶性糖在干旱胁迫时可作为渗透调节物质,使植物体继续保持从外界吸水,因此多刺班克木对水分变化最为敏感,并在生理代谢中主动响应。

### 2.4 班克木叶片可溶性蛋白质含量变化分析

从图1可以看出,3种班克木属植物的可溶性蛋白质含量呈先升后降趋势,与前人研究结果一致<sup>[9]</sup>。8月和12月,沼泽班克木和边沁班克木可溶性蛋白质含量均高于多刺班克木,8—10月沼泽班克木、边沁班克木、多刺班克木分别上升64.72%、99.80%、144.47%。显示沼泽班克木和边沁班克木自身的抗旱机制较强,而多刺班克木对水分变化较为敏感,能够在水分胁迫下及时通过可溶性蛋白质调整渗透势,减少胁迫伤害。

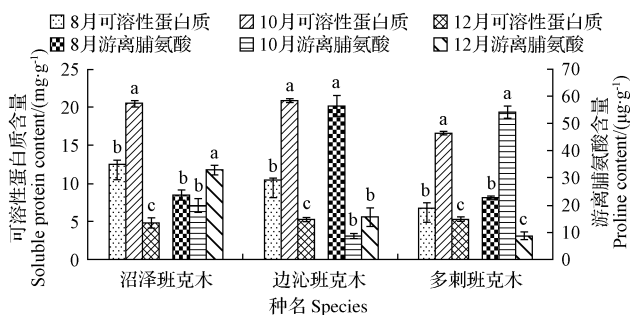


图1 不同季节3种班克木的可溶性蛋白质和游离脯氨酸含量变化

Fig. 1 Variance analysis of soluble protein content and proline content of the three species of *Banksia* in different seasons

## 2.5 班克木叶片游离脯氨酸含量的变化分析

从图 1 还可以看出,3 种班克木在不同季节条件下游离脯氨酸含量发生变化,但变化趋势不同。沼泽班克木和边沁班克木随着干旱的加剧呈现先下降后上升的趋势,其中沼泽班克木变化平缓,而边沁班克木变化幅度相对较大。多刺班克木呈先上升后下降的趋势。结果显示,游离脯氨酸的累积与班克木抗旱性之间的规律不太明显。在某些环境条件中,干旱胁迫下的植株体内游离脯氨酸的累积可能与班克木的抗旱性具有一致的变化趋势,而在另一些条件下,也可能呈现相反的变化趋势。但具体在什么程度的干旱条件下,游离脯氨酸的累积对班克木的生存适应产生积极的作用,还有待进一步的研究。

## 2.6 班克木抗旱性的综合评价

由于植物的抗旱性是多个方面的综合反映,不同的抗旱性指标间必然存在一定的相关性。该试验选用评价植物抗旱性的 5 个指标的相对值<sup>[10]</sup>进行相关分析。3

种班克木的抗旱性指标间存在相关性(表 3),SOD 活性与 MDA 含量呈极显著负相关( $r=-0.536, P<0.01$ )、与游离脯氨酸含量呈显著负相关( $r=-0.412, P<0.05$ );MDA 含量与可溶性蛋白质呈极显著负相关( $r=-0.520, P<0.01$ )。从而使得它们提供的信息发生重叠,因而可用不同的单项指标的耐旱系数来评价班克木的抗旱性。

相关分析说明班克木的抗旱性是一个复杂的综合性状,用任何单项指标评价班克木的抗旱性都可能存在片面性。因此,在树种抗旱性研究中,往往采用多指标综合评判,以期对树种抗旱性进行科学、客观的评价。运用抗旱隶属函数值法进行综合评价比较客观和科学。由 2.5 分析可知,游离脯氨酸的累积与班克木的抗旱性之间的规律不太明显,因此在综合评价中暂不使用该指标。通过比较其它 4 项指标的平均隶属函数值,平均值越大,其抗旱性越强(表 4)。因此,3 种班克木抗旱性依次为边沁班克木>多刺班克木>沼泽班克木。

表 3

5 项生理指标间的相关系数

Table 3

Correlation analysis of five indexes

指标 Index	超氧化物歧化酶活性 SOD activity	丙二醛含量 MDA content	游离脯氨酸含量 Proline content	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content	可溶性糖含量 Soluble sugar content
超氧化物歧化酶活性 SOD activity	1				
丙二醛含量 MDA content	-0.536 **	1			
游离脯氨酸含量 Proline content	-0.412 *	0.158	1		
可溶性蛋白质含量 Soluble protein content	-0.125	-0.520 **	0.038	1	
可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.142	-0.373	-0.026	-0.004	1

注:表中 \* 表示相关性达到显著水平( $P<0.05$ ), \*\* 表示相关性达到极显著水平( $P<0.01$ )。

Note: \* represents significant correlation ( $P<0.05$ ), \*\* represents highly significant correlation ( $P<0.01$ ).

表 4

3 种班克木的抗旱性指标隶属函数

Table 4

Subordinate function values of the three species of *Banksia*

种名 Species	超氧化物歧化酶活性 SOD activity	丙二醛含量 MDA content	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content	可溶性糖含量 Soluble sugar content	综合评价 Comprehensive evaluation	位次 Order
沼泽班克木 <i>Banksia robur</i>	0	0.13	0	1	0.28	3
边沁班克木 <i>Banksia benthamiana</i>	1	1	0.86	0	0.72	1
多刺班克木 <i>Banksia spinulosa</i>	0.26	0	1	0.39	0.41	2

## 3 结论与讨论

### 3.1 班克木抗旱性评价指标的选择

该研究通过对不同季节条件下 3 种班克木生理生化特性的影响分析,发现水分胁迫明显影响了 SOD 活性及 MDA、脯氨酸、可溶性蛋白质、可溶性糖含量等指标的含量变化。随着胁迫时间的延长呈现出了不同的变化趋势,这些指标变化的不一致性反映了班克木在遭受水分胁迫时各调节物质之间复杂的内在关系和协同作用。可见植物体内保持着各调节物质的平衡,通过调动各种酶和整个防御系统来抵抗由于干旱胁迫引起的损伤。

研究结果表明,水分胁迫对班克木生长具有一定的抑制作用,但其同时也能通过一系列生物学和生理学指

标的改变主动适应土壤水分减少的情况。从综合评价结果来看,SOD 活性、MDA 含量和可溶性蛋白质含量可以较好地反映班克木的抗旱能力,可作为班克木抗旱性强弱的参考指标;而可溶性糖和游离脯氨酸与 3 种班克木抗旱性之间的关系有待于进一步研究。各个指标的隶属函数对 3 种班克木的抗旱性进行综合评价的结果进一步表明在受到逆境胁迫时,植物通过多种途径抵御或适应环境,植物的抗旱生理生化及其诱导信息的传导存在多样化。因此,如何对不同树种选择具有代表性的抗旱评价指标,或者尽可能创建一种具有广泛适用性的抗旱指标评价体系就显得尤为重要。

植物在逆境条件下,往往发生膜脂过氧化作用,MDA 含量的变化是质膜损伤程度的重要标志之一,在

水分相对匮乏的12月,沼泽班克木和多刺班克木的MDA含量均明显增加,表明此时的班克木叶片细胞膜损伤严重,体内活性氧代谢平衡失调,膜脂过氧化程度加剧,这也可能是班克木叶片在胁迫后期SOD活性和可溶性蛋白质含量反而又降低的原因之一。脯氨酸是渗透调节物质之一,对植物抗旱具有重要的意义<sup>[11]</sup>,其对于干旱胁迫的响应程度虽已广泛应用于植物抗旱性评价<sup>[12-13]</sup>,但有学者认为植物抗旱性的差异与累积的游离脯氨酸的多少没有联系,不宜作为筛选抗旱种类的指标<sup>[11,14]</sup>。该试验的研究结果也证明,各项指标对班克木抗旱性的反映相比较,脯氨酸含量变化对水分条件变化的适应情况不一致,脯氨酸含量水平未能很好地反映3种班克木的抗旱性强弱。

### 3.2 班克木的抗旱性及其园林应用前景

澳大利亚约70%的国土属于干旱或半干旱地带。班克木属全世界有78种,其中77种自然分布在澳大利亚;然而,有关班克木抗逆性生理的研究,尚鲜见报道。该研究选择具有鲜明澳洲本土特色的班克木为研究对象,通过对露地栽培的成年班克木(5年生)各项抗旱性生理指标的测定,评价其抗旱性的强弱。研究结果显示,边沁班克木和多刺班克木的抗旱能力很强,可配置应用于保水性能差的荒山荒坡等地,在涵养水源、保持水土、植被恢复等生态建设中起到积极的作用。而沼泽班克木则自然分布在滨海地区,是一种很好的海滨植物,适合配置于兼具潮湿与干旱2种生境条件。班克木属植物的引种与应用,将带来良好的环境效益、社会效益和经济效益。

在今后的研究中,可进行班克木盆栽幼苗的干旱胁迫试验,并与该次露地栽培的成年植株的抗旱性生理指标进行对比,同时结合干旱胁迫下班克木的形态指标、

叶片解剖结构、光合特征和蒸腾特性等方面对班克木的抗旱性做更进一步的研究,以便对其做出全面的评价。

### 参考文献

- [1] 纪忠萍,温晶,方一川,等.近50年广东冬半年降水的变化及连旱成因[J].热带气象学报,2009,25(1):31-36.
- [2] AUSTRALIAN NATIVE PLANTS SOCIETY (Australia). Banksia-background[EB/OL]. <http://anpsa.org.au/banksia1.html>.
- [3] GROSE P J. Cost-effectiveness of different revegetation techniques for Slender Banksia[J]. Ecological Rest, 2013, 31(3): 237-240.
- [4] 陈华平,翁殊斐,郝春丽,等.澳大利亚特色园林植物-班克木[J].广东园林,2011(4):55-57.
- [5] 钱璐璜,雷江丽,庄雪影.华南地区8种常见园林地被植物抗旱性比较研究[J].西北植物学报,2012,32(4):759-766.
- [6] 韩瑞宏,卢欣石,高桂娟,等.紫花苜蓿抗旱性主成分及隶属函数分析[J].草地学报,2006,14(2):142-146.
- [7] 王学奎.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2008.
- [8] 严海燕,凤玲,董然,等.常绿阔叶灌木富贵草的耐旱性研究[J].北方园艺,2013,36(23):83-87.
- [9] 周媛,徐冬云,董艳芳,等.9种轻型屋顶绿化景天属植物的抗旱性研究[J].中国农学通报,2012,28(25):294-301.
- [10] 王乃江,侯庆春,张文辉,等.黄土高原乡土树种光合作用及抗旱性研究[J].西北林学院学报,2006,21(3):26-29.
- [11] 周源,董玉芝,管少平,等.土壤逐渐干旱过程中长寿花叶片生理指标的动态变化[J].新疆农业科学,2006,43(2):153-155.
- [12] 林洪君.昆明常见园林地被植物耐旱性研究[J].北方园艺,2012,35(18):96-98.
- [13] RAMBALS, OURCIVAL J M, JOFFRE R, et al. Drought controls over conductance and assimilation of a Mediterranean evergreen ecosystem: scaling from leaf to canopy[J]. Global Change Biology, 2003, 9(12): 1813-1824.
- [14] 高灿红,胡晋,郑昀晔,等.玉米幼苗抗氧化酶活性脯氨酸含量变化及与其耐寒性的关系[J].应用生态学报,2006,17(6):1045-1050.

## Evaluation of Drought Resistance Physiological Characteristics of Three Species of *Banksia*

WENG Shufei, DONG Miao, CHEN Huaping, KE Yu, WANG Linlang

(College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

**Abstract:** Taking 5-year-old open cultivation seedlings of *Banksia benthamiana*, *B. spinulosa*, *B. robur* as materials, the change characteristics and synthetical effect of each plant drought tolerance index were studied under different water conditions by measuring and analyzing their physiological and biochemical indexes in different seasons, and membership functions method was used. The results showed that the drought tolerance of the 3 species of *Banksia* from strong to weak was as follow, *B. benthamiana*, *B. spinulosa*, *B. robur*. Indexes of the SOD activity, MDA content and soluble protein content could reflect the drought resistance better.

**Keywords:** landscape plants; woody flower; *Banksia* spp.; drought resistance; physiological index