

# 滨海公园棕榈类植物抗风性调查与评价分析

祖若川, 罗立娜, 刘 晶, 李茂富, 李绍鹏, 张 杨

(海南大学 园艺园林学院, 海南 海口 570288)

**摘 要:**以海口市公园常见的 18 种棕榈植物为试材,采用分区调查法,研究了棕榈风害受损情况并测定形态学相关指标,利用层次分析法(AHP)对所测指标进行量化处理,再用综合评价法对受损指标、模糊隶属函数法对形态指标分别进行综合评分,根据综合评分进行聚类对比分析,以探索棕榈植物抗风性强弱及其与受损指标之间的关系,建立抗风性强弱的形态指标预测体系。结果表明:受损指标中主干断裂、主干倒伏、枝梢断裂及形态指标中的树木类型、树高、胸径、冠幅与棕榈植物抗风性强弱关系密切,权重值分别为 0.444 6、0.287 6、0.124 3、0.415 5、0.148 6、0.236 8、0.126 1,分别高于其它所测指标;受损指标与形态指标聚类分析结果基本一致,18 种棕榈植物抗风性强弱均可分为 3 级,分级完全相符的有 14 种,其中Ⅰ级 6 种,Ⅱ级 4 种,Ⅲ级 4 种,其余 4 种分级结果相近。滨海公园棕榈植物的抗风性强弱差异较大,模糊隶属函数法可作为棕榈植物抗风性评价方法,主干断裂、主干倒伏及枝梢断裂可作为判断其抗风性强弱的主要指标,可通过树木类型、树高、胸径、冠幅来预测棕榈植物的抗风性强弱。

**关键词:**棕榈植物;抗风性;层次分析法(AHP);模糊隶属函数法;聚类分析

**中图分类号:**TU 986.5<sup>+</sup>2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)05-0089-06

棕榈科植物属单子叶植物,包括常绿乔木、灌木、木本植物以及木质藤本等种类,主要生长在美洲和亚洲热带区域<sup>[1]</sup>,以其美观幽雅的外形及良好的抗风能力,在热带乃至亚热带地区城市园林绿化植物中被广泛应用<sup>[2]</sup>。其中,海南棕榈植物分布较广,以公园内最为集中,约有 40 余种<sup>[3]</sup>,已成为海南公园广为应用的标志性树种。但海南素有“台风走廊”之称<sup>[4]</sup>,台风所到之处,树木轻则枝叶受损,重则根翻茎断,公园植物特别是滨海公园植物常因台风而遭受重大损失。因此,如何有效判断和预测植物抗风性强弱,合理配置和利用绿化植物资源,减轻台风损害显得尤为迫切而重要。王良睦等<sup>[5]</sup>通过对厦门台风灾害后园林树木受损率与风倒率的大小来鉴别其抗风性强弱,陈士银等<sup>[6]</sup>则从树木本身结构及功能方面研究了风害植物的受害情况。吴志华等<sup>[7]</sup>利用综合评分法和灰色关联度法综合分析了树木类型、树高、胸径、冠幅、冠形、干形通直度、气干密度、叶层状况、根系状况等 9 个性状指标与抗风性强弱的关系,发现二者评价的结果相关性很强,其结果基本一致,灰色关联度法可以用于抗风性评价。LARBI 等<sup>[8]</sup>对于园林树种抗

风性能的研究主要集中在海岸防护林和农田农场防护林的营造等方面。但前人的研究只从受损情况或无损预测单方面进行分析,缺乏相互验证,且目前尚未发现有关棕榈植物抗风性调查评价的研究报道。该研究通过对海口市滨海公园常见的 18 种棕榈植物“威马逊”风害后的调查与分析,探索棕榈植物抗风性强弱及其与受损指标之间的关系,建立抗风性强弱的形态指标预测体系,为今后园林绿化棕榈树种的选择和养护管理提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

2014 年 7 月 18 日 15:30,18.2 级超强台风“威马逊”登陆海南省文昌市,台风中心于当天 19:00 直接穿过海口,持续影响海口一天,使海口市树木受损无数,海口公园尤其是万绿园、白沙门公园、海口滨海公园等滨海公园植物受损尤为严重。风害后第 2 天即 7 月 20 日,调研组即以海南省海口市受风害较严重的白沙门公园、万绿园、海口滨海公园为对象进行风害受损情况调查。其中,白沙门公园 2009 年 1 月对外开放,位于海口美兰区海甸岛北部,北邻琼州海峡,占地面积约为 60 hm<sup>2</sup>,以打造新型市级休闲娱乐场所为目的,极具浓郁热带风情的海滨休闲公园。万绿园始建于 1994 年,位于海口龙华区东部,北邻琼州海峡,占地面积约为 72.5 hm<sup>2</sup>,是以近万棵椰子树为主的棕榈类植物热带园林风光沿海公园。海口滨海公园在 1995 年 10 月正式对外开放,背靠琼州

**第一作者简介:**祖若川(1989-),男,福建南平人,硕士,研究方向为植物景观设计。E-mail:844109179@qq.com.

**责任作者:**李绍鹏(1957-),男,硕士,教授,研究方向为果树种质资源和栽培与生理。E-mail:lisp555@126.com.

**收稿日期:**2015-10-08

海峡,占地面积约为 48 hm<sup>2</sup>,其中棕榈类观赏植物丰富,是一处现代化综合性游乐园。

## 1.2 试验材料

调查的树种来源于海南省海口市白沙门公园、万绿园、滨海公园。对 3 个公园中生长 8 年以上胸径大于 10 cm,风害前生长状况良好且应用较广泛的 18 种棕榈植物的风害受损情况进行调查。树种包括:“霸王棕”、“美丽针葵”、“酒瓶椰”、“加拿利海枣”、“银海枣”、“棕榈”、“假槟榔”、“狐尾椰”、“华盛顿葵”、“金山葵”、“三角椰”、“椰子树”、“蒲葵”、“散尾葵”、“大王椰子”、“油棕”、“槟榔”、“短穗鱼尾葵”。

## 1.3 试验方法

采用分区调查法<sup>[9]</sup>,每个公园随机分成 4 个区,每个区样方面积为 100 m×100 m,从每个区域入口开始,沿着该区域的道路走向依次对每种植物观测记录,并参照宁惠娟等<sup>[10]</sup>提出的植物景观评价 AHP 模型与方法,确定目标层以及指标层分级打分。

## 1.4 项目测定

对胸径大于 10 cm 的树种进行调查,调查内容包括:植物株数、主干断裂数、主干倒伏数、主干倾斜数、枝梢断裂数、叶片撕毁数,并根据表 1 分别计算主干断裂率、主干倒伏率、主干倾斜率、枝梢断裂率、叶片撕毁率。同时,根据表 2 测定树木类型、树高、胸径、冠幅及叶层状况。

表 1 棕榈植株风害受损指标的含义

Table 1 The meaning of palm plant wind damage index

目标层	指标层	指标描述
Target layer	Index level/×100%	Index description
风害受损(A)	主干断裂率(A1)	植株主干断裂对于双主干及以上的植物,其中一主干断裂以主干断裂统计
	主干倒伏率(A2)	
	主干倾斜率(A3)	植株主干倾斜角度大于 30°小于 90°
	枝梢断裂率(A4)	
	叶片撕毁率(A5)	

表 2 棕榈植株形态学指标的含义

Table 2 The meaning of palm plant morphological index

目标层	指标层	指标描述
Target layer	Index level	Index description
平均树高(B1)	植株平均生长高度	
	平均胸径(B2)	植株平均胸径是指乔木主干离地表面 1.3 m 处直径,断面畸形时,测取最大值和最小值的平均值
	平均冠幅(B3)	植株的南北和东西方向宽度的平均值
植株形态(B)	树木类型(B4)	1:常绿乔木或大乔木 2:常绿小乔木 3:常绿灌木
	叶层状况(B5)	1:植株叶层浓密 2:植株叶层密 3:植株叶层一般 4:植株叶层稀疏

## 1.5 数据分析

1.5.1 层次分析法运用层次分析法中 Saaty 1~9 标度法构建判断矩阵,矩阵一致性检验使用 yaahp V7.5 软

件进行,当  $CR < 0.100$  时,则检验通过,确定其权重  $W^{[11]}$ 。

1.5.2 综合评价法运用公式:  $Y = \sum_{i=1}^n W_i \times C_i$ ,计算各树种的总得分<sup>[12]</sup>,其中  $W_i$  为各风害指标的权重, $C_i$  为各风害指标的受损率。

1.5.3 抗风性综合评价-模糊隶属函数法采用模糊数学隶属函数值法<sup>[13]</sup>对 18 种树种进行抗风性评价。隶属函数值的计算方法如下。如果指标与抗风性呈正相关:  $Z_{ij} = (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min})$ ,如果指标与抗风性呈负相关:  $Z_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min})$ ,式中:  $Z_{ij}$  为  $i$  树种  $j$  指标的抗风性隶属函数值;  $X_{ij}$  为  $i$  树种  $j$  指标的测定值;  $X_{i\min}$  和  $X_{i\max}$  分别为各树种指标值的最小和最大的测定值。将每个树种各指标的抗

风性隶属函数值累加起来,并用公式  $Z = \sum_{i=1}^n W_i \times Z_{ij}$ ,

其中, $Z$  代表抗风性隶属函数总值,代表抗风性指标的权重。在 B1~B5 中,平均树高和平均冠幅与抗风性成负相关。其中抗风隶属函数总值越大,风害受损就越严重,抗风性就越弱。

1.5.4 聚类分析法通过 SAS 9.1 分别对棕榈植物的风害受损指标综合得分( $Y$  值)和形态指标抗风性隶属函数总值( $Z$  值)进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 台风对棕榈植物的损害情况

2.1.1 风害对各受损指标影响的层次分析由层次分析法结果可知(表 3),风害受损指标矩阵的最大特征根  $\lambda_{\max} = 5.1178$ ,判断矩阵的随机一致性比值  $CR = 0.0394$ ,其值小于 0.1,获得很好的一致性,说明分析结果可靠。在所测定的风害受损指标中,权重值最高的前 3 个指标分别是主干断裂率(0.4446)、主干倒伏率(0.2876)以及枝梢断裂率(0.1243),而权重值较低的则是主干倾斜率(0.0961)、叶片撕毁率(0.0474),这说明风害对棕榈植株影响较大的是主干断裂、倒伏与枝梢断裂,而叶片撕毁对树体影响较小。

表 3 判断矩阵及各风害受损指标权重

Table 3 Impaired judgment matrix and the wind index weights

A	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	2	5	4	7
A2	1/2	1	3	2	5
A3	1/5	1/3	1	1/2	3
A4	1/4	1/2	2	1	3
A5	1/7	1/5	1/3	1/3	1

$\lambda_{\max} = 5.1178$   $CR = 0.0394 < 0.1$

2.1.2 风害对各受损指标影响的综合评价从表 4 可知,“霸王棕”、“美丽针葵”、“加拿利海枣”、“棕榈”受风害影响小于其它树种,其主干断裂率、主干倒伏率及主干倾斜率均为 0,即未出现主干断裂、倒伏或倾斜现象,只有叶片、枝梢轻微受损。“短穗鱼尾葵”风害受损最严

重,其次为“油棕”,其主干断裂率分别达到了 16.67%和 7.75%,枝梢断裂率和叶片撕毁率均达到了 80.00%,”短穗鱼尾葵”也均达到了 40.00%。综合评分表明,18

种棕榈植物风害受损情况综合评分介于 0.04~0.53,差异明显,其中,“霸王棕”的综合抗风能力最强,其次为“美丽针葵”,“短穗鱼尾葵”抗风能力最弱。

表 4 18 种棕榈植物的风害受损情况综合评分排序

Table 4 18 sorts of wind damage score in palm plants

序号 No.	树种 Tree species	主干断裂率	主干倒伏率	主干倾斜率	枝梢断裂率	叶片撕毁率	综合评分(Y) Comprehensive scoring(Y)	排序 Sorting
		Major fault lodging rate /%	Main lodging rates /%	Main tilt rate /%	Branches break rate /%	Blade torn rate /%		
1	“霸王棕” <i>Bismarckia nobilis</i>	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	0.04	1
2	“槟榔” <i>Areca catechu</i>	6.35	3.17	1.56	20.00	20.00	0.36	15
3	“大王椰子” <i>Roystonea regia</i>	1.41	1.09	0.78	60.00	60.00	0.22	11
4	“狐尾椰” <i>Wodyetia bifurcata</i>	6.59	0.00	0.00	40.00	40.00	0.26	12
5	“华盛顿葵” <i>Washingtonia filifera</i>	0.00	0.00	4.38	40.00	40.00	0.13	8
6	“金山葵” <i>Syagrus romanzoffiana</i>	6.45	0.00	0.00	40.00	40.00	0.26	13
7	“加拿利海枣” <i>Phoenix canariensis</i>	0.00	0.00	0.00	20.00	40.00	0.05	4
8	“假槟榔” <i>Archontophoenix alexandrae</i>	0.00	1.50	0.00	20.00	20.00	0.11	7
9	“酒瓶椰” <i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	0.00	0.00	0.50	20.00	20.00	0.05	5
10	“美丽针葵” <i>Phoenix loureirii</i>	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	0.04	2
11	“蒲葵” <i>Livistona chinensis</i>	0.00	6.78	6.78	40.00	20.00	0.43	17
12	“三角椰” <i>Neodypsis decaryi</i>	0.85	2.54	1.69	20.00	20.00	0.19	9
13	“散尾葵” <i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	2.63	2.31	10.05	40.00	20.00	0.34	14
14	“椰子树” <i>Cocos nucifera</i>	4.68	0.21	0.73	40.00	20.00	0.21	10
15	“银海枣” <i>Phoenix sylvestris</i>	0.00	0.00	5.67	20.00	20.00	0.10	6
16	“油棕” <i>Elaeis guineensis</i>	7.75	0.00	1.55	80.00	80.00	0.39	16
17	“短穗鱼尾葵” <i>Caryota ochlandra hance</i>	16.67	0.00	0.00	40.00	40.00	0.53	18
18	“棕榈” <i>Rachycarpus fortunei</i>	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	0.04	3

2.2 台风对棕榈植物形态指标的影响

2.2.1 棕榈植物形态指标的层次分析 由层次分析法结果可知(表 5),形态学指标判断矩阵的最大特征方

表 5 判断矩阵及形态学指标权重值

Table 5 Comparison matrix and morphology index weights

B	B1	B2	B3	B4	B5	
B1	1	1/2	1	1/3	4	0.148 6
B2	2	1	2	1/3	2	0.236 8
B3	1	1/2	1	1/4	2	0.126 1
B4	3	2	4	1	4	0.415 5
B5	1/3	1/3	1	1/4	1	0.073 1

$\lambda_{max}=5.089\ 6\ CR=0.020\ 0<0.1$

表 6 18 种棕榈植物的抗风性隶属函数总值排序

Table 6 18 sorts of palm plants membership function value of the wind resistance

序号 No.	树种名称 Tree species	树木类型 Types of trees	平均树高 Average tree height /m	平均胸径 Average diameter at breast height/cm	平均冠幅 The average crown width /m	叶层状况 Leaf level	隶属函数总值(Z) Membership function values (Z)	排序 Sorting
1	“霸王棕” <i>Bismarckia nobilis</i>	1	4.10	45.52	4.00	3	0.400	6
2	“槟榔” <i>Areca catechu</i>	1	10.50	10.80	3.30	3	0.177	16
3	“大王椰子” <i>Roystonea regia</i>	1	11.50	39.31	6.00	3	0.176	15
4	“狐尾椰” <i>Wodyetia bifurcata</i>	1	6.00	23.66	3.00	3	0.322	7
5	“华盛顿葵” <i>Washingtonia filifera</i>	1	8.50	38.82	4.20	2	0.267	13
6	“金山葵” <i>Syagrus romanzoffiana</i>	1	8.50	34.48	3.80	3	0.289	10
7	“加拿利海枣” <i>Phoenix canariensis</i>	2	4.00	73.82	4.50	1	0.648	3
8	“假槟榔” <i>Archontophoenix alexandrae</i>	1	7.00	25.74	4.00	3	0.276	11
9	“酒瓶椰” <i>Hyophorbe lagenicaulis</i>	2	3.20	40.58	3.10	4	0.662	2
10	“美丽针葵” <i>Phoenix loureirii</i>	3	3.00	11.78	3.00	2	0.721	1
11	“蒲葵” <i>Livistona chinensis</i>	1	11.20	32.52	6.00	2	0.131	18
12	“三角椰” <i>Neodypsis decaryi</i>	1	6.00	40.02	4.50	3	0.328	9
13	“散尾葵” <i>Chrysalidocarpus lutescens</i>	2	6.00	18.03	5.00	3	0.436	8
14	“椰子树” <i>Cocos nucifera</i>	1	9.00	35.88	5.50	3	0.224	14
15	“银海枣” <i>Phoenix sylvestris</i>	2	3.50	33.76	5.00	2	0.514	5
16	“油棕” <i>Elaeis guineensis</i>	1	10.00	44.58	6.50	2	0.179	17
17	“短穗鱼尾葵” <i>Caryota ochlandra hance</i>	2	8.00	12.80	5.50	2	0.340	12
18	“棕榈” <i>Rachycarpus fortunei</i>	2	4.50	15.61	3.20	2	0.494	4

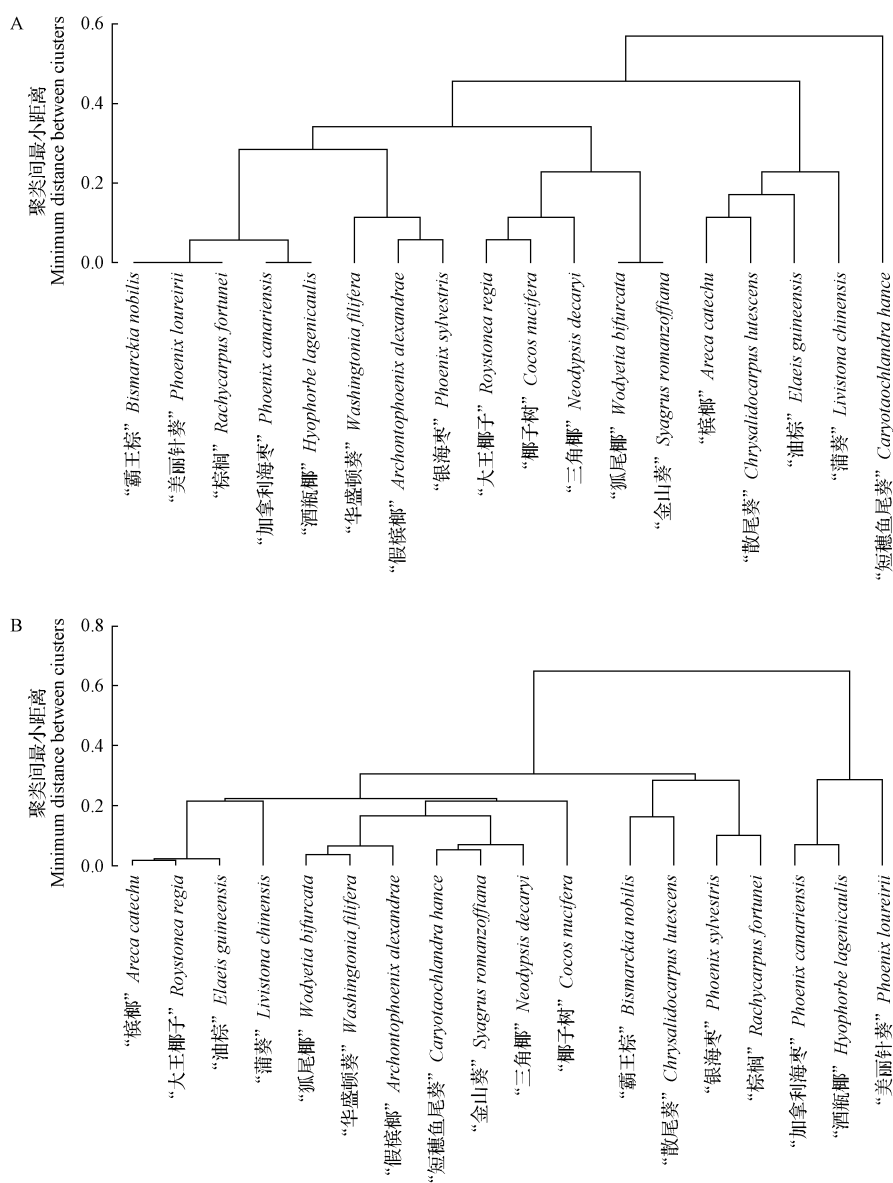
根  $\lambda_{max}=5.089\ 6$ ,判断矩阵的随机一致性比值  $CR=0.020\ 0$ ,其值小于 0.1,获得很好的一致性,说明分析结果可靠。在所测定的形态学指标中,权重值高的 4 个指标分别是树木类型(0.415 5)、平均树高(0.148 6)、平均胸径(0.236 8)及平均冠幅(0.126 1);而权重值较低的则是叶层状况(0.073 1),这说明树木类型、平均树高、平均胸径及平均冠幅对植株抗风性影响较大,而叶层状况对植株的抗风性影响较小,可通过树木类型、平均树高、平均胸径及平均冠幅来预测棕榈植物抗风性强弱。

2.2.2 棕榈植物形态指标的模糊隶属函数法分析 由

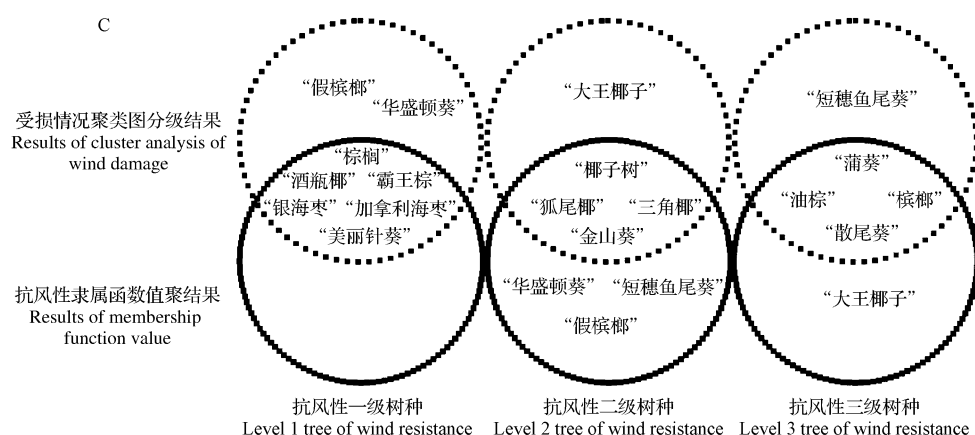
表6可知,所调研的18种棕榈植物中1类、2类和3类树种分别有11、6和1种,不同类型树种间形态指标差异较大,1类树种平均树高及冠幅均大于其它2个树种,3类树种平均高度最小,其中1类的“大王椰子”的株高是3类“美丽针葵”的3.83倍,1类的“油棕”冠幅是3类“美丽针葵”的2.17倍,2类植物中“加拿利海枣”的平均胸径高于其它类植物,比1类“槟榔”高出了63.02 cm。隶属函数总值表明,18种棕榈植物风害受损情况综合评分介于0.131~0.721,差异明显,其中,“美丽针葵”的隶属函数总值最大,“霸王棕”的隶属函数总值排第6,“蒲葵”的隶属函数总值最小。

### 2.3 棕榈植物抗风性强弱聚类分析

由图1可知,通过风害受损情况综合评分及隶属函数总值分别进行聚类分析,可将所调查的18种棕榈植物分为3个类群,风害受损情况综合评分聚类结果中I级树种8种,II级树种5种,III级树种5种(图1A);隶属函数总值聚类分析结果中I级7种,II级7种,III级4种(图1B)。该2种聚类分级结果中14种植物分类结果完全一致,4种植物分类相近,没有出现相互矛盾的分级情况(图1C)。由此可见,棕榈类植物受损指标与形态指标聚类分析结果基本一致,模糊隶属函数法可作为棕榈植物抗风性评价方法,可通过树体形态指标来预测棕榈植物抗风性的强弱。







注:A,棕榈植物的风害受损情况综合评分聚类分析图;B,棕榈植物的抗风性隶属函数总值聚类分析图;C,2种聚类分析结果的对比分析。

Note:A,cluster analysis of wind damage score in palm plants;B,cluster analysis of palm plants membership function value of the wind resistance;C,the contrast analysis of two kinds of clustering analysis.

图1 棕榈植物的抗风性聚类分析图

Fig. 1 The wind resistance of palm plants clustering analysis diagram

### 3 讨论与结论

园林树种的抗风性是城市绿化及海防林树种在防灾减灾选择树种的重要参考性状之一<sup>[14]</sup>,原来用12级台风的标准筛选的一些抗风树种,经过这次18.2级台风后,损失惨重,需要重新反思,重新审视。前人的研究认为棕榈科植物因为其树冠较小其抗风能力较强<sup>[15]</sup>,该研究则表明棕榈科植物间抗风性强弱差异较大,这可能是因为影响植物抗风性的主要因素不仅仅与树种相关,还与生物力学特性、根系与土壤的相互作用和风的扰动等有关。其中,树种的形态学与树龄、树干强度、树干和冠幅的外形与尺寸,以及树种的健康状况有关。根系与土壤间的相互作用则受土壤的剪切强度、湿度、树木根系深度等因素影响,此二者共同决定了树种的总抗风性<sup>[16]</sup>。

抗风性强弱的评价与预判一直是科研工作者的研究热点之一,层次分析法<sup>[17]</sup>、综合评价法<sup>[18]</sup>、灰色关联度法<sup>[7]</sup>是目前在研究植物抗风性评价上常用的数据统计分析方法,该研究既利用了常规的层次分析法,也创造性地应用了模糊隶属函数法来评价18种棕榈植物的抗风性,聚类分析结果也表明该分析方法可适用于植物的抗风性评价。前人在评价树种抗风性强弱时,一方面是根据风害后的受损情况进行判断<sup>[19]</sup>,另一方面是根据植株形态学指标性状进行预测<sup>[7]</sup>,该试验对18种棕榈植物抗风性的研究既参照了风害后的受损情况,也考虑了形态学指标的性状,二者相互验证,其抗风性评判结果较为可靠,为今后棕榈植物的抗风性评价提供了可靠参考依据。从评价分级结果看,“美丽针葵”、“加拿利海枣”、“霸王棕”、“酒瓶椰”、“椰子”、“棕榈”等抗风性较强

的树种可以作为热带滨海公园的基调绿化树种,这类树种不但可以满足抵御台风自然灾害的需要,也可反映出海口城市的热带风光。“大王棕”、“油棕”抗风性相对较弱,但干茎挺拔观赏效果极佳,可以在公园主要景区少量种植。而“短穗鱼尾葵”由于抗风性弱,在经常受台风危害的滨海公园种植时少用或在特定条件下选用<sup>[20]</sup>。当然抗风评价体系还应综合考虑生长、生理、物理力学和木材纤维等各类指标的相对权重,可把物理力学和生长指标作为选择的首要考虑指标,有待于以后深入研究。

抗风性虽是城市园林树种选择的重要标准,但不能成为唯一标准,城市园林树木的适生性、多样性、景观性、功能性等需全盘综合考虑,针对超强台风“威马逊”的影响,海口市园林绿化行政主管部门应重新提出,适合海口市不同地段的抗风树种选择方案,科学合理地做好树种选择和植物配置。

### 参考文献

- [1] 林有润,郭丽秀. 浅谈棕榈科植物的形态特征、系统分类、起源及地理分布[J]. 广东园林,1998(1):3-4.
- [2] 中国科学院华南植物研究所. 广东植物志[M]. 第2卷. 广州:广东科技出版社,1991:442-477.
- [3] 王婷,叶锦源,周晨. 棕榈科植物在海口城市公园热带园林景观中的应用分析[J]. 现代园艺,2014,21(6):13-16.
- [4] 张凯荣,宋长远,陈钰祥. 近50年来海南岛东部台风记录及其灾害性评价[J]. 安徽农业科学,2010,38(23):12880-12882.
- [5] 王良睦,王中道,许海燕. 9914#台风对厦门市园林树木破坏情况的调查及对策研究[J]. 中国园林,2000,16(4):65-68.
- [6] 陈士银,杨新华,杜盛珍. 庭园绿化树种抗风性能的调查与分析[J]. 防护林科技,1999(4):32-35.
- [7] 吴志华,李天会,张华林,等. 广东湛江地区绿化树种抗风性评价与

分级选择[J]. 亚热带植物科学, 2011, 40(1): 18-23.

[8] LARBI H, LEITMANN J. Urban environmental profile: Tunis[J]. Cities, 1994, 11(5): 292-296.

[9] 周红敏, 惠刚盈, 赵中华, 等. 森林结构调查中最适样方面积和数量的研究[J]. 林业科学研究, 2009(4): 482-486.

[10] 宁惠娟, 邵锋, 孙茜茜, 等. 基于 AHP 法杭州花港观鱼公园植物景观评价[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(4): 717-724.

[11] 秦寿康. 综合评价原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.

[12] 封培波, 胡永红, 张启翔, 等. 上海露地宿根花卉景观价值的综合评价[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(6): 84-87.

[13] 李禄军, 蒋志荣, 李正平, 等. 3 树种抗旱性的综合评价及其抗旱指标的选取[J]. 水土保持研究, 2006(6): 253-254.

[14] 罗建中, 谢耀坚, 曹加光, 等. 2 年生桉树杂交种的生长与抗风的遗传

变异研究[J]. 草业学报, 2009, 18(6): 91-97.

[15] 章锦瑜. 台风对台中乔木破坏之调查[J]. 东海学报, 2000, 41: 149-160.

[16] ACHIMA. Modeling the vulnerability of balsam fir forests S. Meunier to wind damage[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 204: 35-50.

[17] 刘浦孝. 山东沙质海岸防护林主要树种适应性评价[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.

[18] 游惠明, 游秀花, 陈笑玲, 等. 福州市行道树种综合评价与分级选择[J]. 中国林业科技, 2009, 7(1): 15-17.

[19] 任如红, 刘分念, 龚洁莹, 等. 舟山市园林树木抗风性的调查研究[J]. 浙江农业科学, 2013(4): 422-426.

[20] 杨莉莉. 浙江省沿海城市行道树抗风能力调查研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

## Research and Assessment on the Wind Resistance Analysis of Palm Plants in the Coastal Park

ZU Ruochuan, LUO Lina, LIU Jing, LI Maofu, LI Shaopeng, ZHANG Yang

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228)

**Abstract:** Taking the common 18 species of palm plants in the gardens of Haikou city as materials, using partition survey method, the wind damage and morphologic indexes was surveyed, using the analytic hierarchy process for the indexes measured to make quantitative processing and then comprehensive evaluation was used on the damaged indexes, fuzzy subordination method was composite score of the morphological indexes, based on comparative analysis of cluster combined score between palm plants to explore the wind resistance and damaged indexes relations, to establish a prediction system of the wind resistance of the morphological indexes. The results showed that the trunk breakage, trunk lodging, shoot breakage in damaged and morphological indexes of trees type, height, diameter, crown were close to the wind resistance of the palms plants, weight factors were respectively 0.444 6, 0.287 6, 0.124 3, 0.415 5, 0.148 6, 0.236 8, 0.126 1, which higher than the other measured indexes. Damaged indexes consistent with the morphological indexes in clustering analysis, 18 species of palm plants wind resistance strength both could be divided into three grades, entirely consistent with the classification of 14 species, of which grade I were 6 species, grade II were 4 species, grade III were 4 species, another 4 species were similar. Coastal park palm plants had different wind resistance strength, the method of fuzzy function could be used as wind resistance evaluation method of the palm plants, the trunk breakage, trunk lodging, shoot breakage could be used as the main indexes of its wind resistance, the trees type, height, diameter, crown to predict the strength of the wind resistance of the palms plants.

**Keywords:** palm plants; wind resistance; analytic hierarchy process (AHP); method of fuzzy membership function; cluster analysis