

文章编号: 100F-1498(2002)03-0332-06

厦门市行道绿化树种凤凰木的调查研究

叶功富¹, 廖福霖¹, 倪志荣², 肖胜¹, 蔡邦平³, 陈登雄³

(1. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012; 2. 厦门市林业局, 福建 厦门 361003;

3. 厦门市园林植物园, 福建 厦门 361003)

摘要: 本文研究了厦门市行道绿化树凤凰木的生长状况, 并拟合了树高(H)与年龄(Y)的最优模型: $H = (-35.652 + 9.003Y)/Y$; 胸径($D_{1.3}$)与年龄(Y)的最优模型: $D_{1.3} = (-316.647 + 48.462Y)/Y$ 。结果表明, 凤凰木行道绿化树在夏季具有降温增湿的小气候效应, 凤凰木对台风的抗逆性强而且抗病虫害。

关键词: 凤凰木; 行道树; 引种; 生长模型; 厦门

中图分类号: S731.2

文献标识码: A

城市绿色廊道是森林生态网络体系的基本建设单元, 对于城市绿地系统功能的多样化及区域生态系统的稳定等起着重要作用^[1]。加强城市道路主干线绿化建设, 构成城市绿地系统的生态线, 这是发挥厦门城市森林生态网络体系的整体效益, 促进厦门市生态环境协调发展的有效途径。凤凰木(*Delonix regia* (Bojsea) Raf.) 原产于热带非洲, 是优良的城市园林绿化树种, 在厦门市主要道路广为引种栽植, 其冠形匀称、枝叶优雅且花色鲜艳, 1986年被确定为厦门的市树。本文通过厦门市主要道路引种凤凰木生长状况、抗逆性的调查, 分析凤凰木在厦门绿色廊道建设和城市绿化中的应用前景, 为城市林业发展和森林生态网络建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查区域的自然概况

厦门市地处 $24^{\circ}20' N$, $118^{\circ}04' E$, 位于福建东南沿海, 九龙江出海口, 西北与内陆相连, 东南与金門、台湾隔海相望。由厦门本岛、鼓浪屿、集美、杏林、海沧、同安区和附近岛、海域组成, 地域面积 $1\,516\text{ km}^2$ (本岛 131 km^2), 主要包括中山、低山、高丘、台地、平原、滩涂等地形地貌, 本岛地势由西北向东南倾斜, 土壤以砖红壤为主。年平均降水量 $1\,149.9\text{ mm}$, 年相对湿度 77% , 雨季和旱季分明, 雨季3至6月降雨量约为年降雨量的一半, 10月至翌年2月为旱季; 年平均气温 $20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, 全年温差不大, 最低气温在2月, 月平均气温 $12.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 最高气温在7月, 月平均气温 $28.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 极端最高气温 $38.4\text{ }^{\circ}\text{C}$; 全年春、夏、秋三季明显, 基本无冬季, 终年无霜, 属于典型的南亚热带海洋性季风气候。

厦门岛海环抱, 气候温和, 雨量充沛, 冬暖夏凉, 四季如春, 具有十分优越的自然条件, 适宜于亚热带、热带植物生长。现有8个天然植被类型(27个群系); 常绿针叶林、常绿阔叶林、红

收稿日期: 2002-01-06

基金项目: 国家科技部项目“中国森林生态网络体系建设研究”专题(98111016)

作者简介: 叶功富(1966), 男, 福建政和人, 高级工程师, 博士。

树林、竹林、灌草丛及草丛、滨海盐生植被、滨海沙生植被、沼生和水生植被。

1.2 研究方法

2001年在厦门本岛范围内,以咨询与实地调查方式进行凤凰木的普查。调查分布地方包括道路、公园、住宅小区、庭院、校园、厂区等;调查的内容有凤凰木种植时间、原种植株数、现有株数、死亡或移植原因、植株树高、胸径、冠幅、分枝特性(枝下高与树冠对称性)、病虫害与风害或冻害、开花结实特性,及种植地土壤和周围环境状况等因子。凤凰木行道树小气候效应观测方法:选择凤凰木行道区典型观测点,以未绿化街区为对照,采用气温计、通风干湿表分别测定空气温度和相对湿度,每个测点测量2~3 d,7:00~17:00,隔2 h观测1次。

以抽样调查的60株凤凰木基础数据资料,对树高和胸径分别与年龄进行单因子生长模拟。经过16种单因子模型拟合,确定出凤凰木树高和胸径与年龄的拟合数学模型,并进行模拟方程的精度检验。

2 结果与分析

2.1 凤凰木在厦门岛的生长情况

凤凰木适合于热带、亚热带地区栽培,闽南地区作为行道树和景观树广为种植。厦门岛于70年代开始以凤凰木作为行道树大量种植,现厦门岛有10余条干道以凤凰木为主要行道树,给厦门增添了浓厚的南国风情和亚热带风光色彩。

10条道路的凤凰木的生长情况表明在厦门岛凤凰木作为行道树生长状况中等或较好(表1)。凤凰木为落叶大乔木,高达20 m,胸径达1 m^[2]。据调查,厦门岛生长的凤凰木最高为16.5 m(镇海路),胸径最大者为54.8 cm(鼓浪屿区一个托儿所)。

凤凰木为强阳性树种,根系发达,树冠宽广、扁圆形,分枝多而开展,开张如伞状。一般地,种植在受光充足宽阔地段的行道树或景观树的枝下高低、枝条弯曲延伸大易形成扁平伞状。植株矮,胸径较大;相反,在较狭窄地段的凤凰木枝下高较高,树冠易形成卵圆形或尖伞型,树干高、胸径小。如在同一年种植的公园东路与南路的凤凰木,南路道路宽大、东路狭窄,东路的平均树高大于南路的、东路的平均胸径小于南路的(表1),而且南路凤凰木的树冠呈扁平伞状,东路的则为尖伞型;故宫路的道路较窄,凤凰木树生长较高。

表1 厦门岛主要道路的凤凰木生长情况

道路名称	种植时间	行数/行	株行距/m	现存株数/株	平均树高/m	树高生长量/(m·a ⁻¹)	平均胸径/cm	胸径生长量/(cm·a ⁻¹)	平均冠幅/(m×m)	综合评价
公园东路	1972	1	4	107	8.50	0.274 2	30.57	0.986 0	9.44×9.88	较好
公园南路	1972	1	4	48	7.50	0.241 9	31.12	1.003 9	12.20×10.80	好
延平路	1977	1	5	58	8.38	0.322 1	31.50	1.211 5	8.40×7.45	中
厦大一条街	1978	2	4×4	63	6.75	0.270 0	40.72	1.628 7	10.80×10.30	好
镇海路	1981	1	4	77	7.50	0.340 9	25.58	1.162 9	10.53×9.33	中
故宫路	1983	1	5	57	10.50	0.525 0	37.50	1.875 0	13.80×12.40	好
悦华路	1985	2	4×4	210	6.63	0.368 1	27.31	1.517 2	7.93×6.63	差
湖中路	1986	1	5	295	5.54	0.325 9	25.61	1.506 2	7.66×7.30	中
白鹭洲路	1994	2	4×3	287	3.39	0.376 3	12.16	1.351 1	4.23×4.20	中
金尚路	1997	2	4×4	1 253	4.57	0.761 9	11.14	1.857 1	4.64×4.07	中

注:2001年9月20日调查。

凤凰木为二回羽状复叶,互生,长达60 cm,羽片对生,每羽片具小叶20—40对,羽片10—20对,小叶为阔线形或长椭圆形,全缘,薄纸质;叶长0.5—0.8 cm,宽0.2—0.25 cm。在厦门地区通常于11月至翌年3月稀疏落叶,在风小蔽荫处也有的植株部分老叶终年不掉落,春末夏初发芽长新叶。

凤凰木在厦门地区年龄达6年生以上便有开花结实现象。雌雄同株,总状或圆锥花序,长约20—40 cm,花大,花冠径5—12 cm,鲜红色或橙红色,带有晕黄。厦门岛的凤凰木花期为5—8月,盛花期为6—7月,艳丽的花朵犹如火焰。木质荚果,长达50 cm,果实11—12月成熟,黑褐色,在风小的地方,可挂果至翌年4月。宜于春夏季进行播种。

2.2 厦门岛栽植凤凰木的生长模型

凤凰木为热带树种,在肥沃、排水良好的土壤中生长良好,但其根部含有固氮菌可耐瘠薄土壤,因此可粗放管理,是优良的园林绿化树种,耐高温高湿,但不耐寒,只能生长于霜期不超过5—10 d的地区。

为了更好地了解凤凰木在厦门岛的生长情况,以抽样调查的60株凤凰木基础数据资料,分别对树高、胸径与年龄进行单因子生长模拟。经过16种单因子模型拟合,树高和胸径与年龄的拟合模型均以双曲线类型最优,相关系数为0.95和0.94,拟合优度分别为90.92%和87.62%(表2),呈极显著相关关系。

表2 凤凰木的树高与胸径分别与年龄的单因子拟合模型及参数

序号	方程	树高					胸径				
		F 值	相关系数	拟合优度/%	A	B	F 值	相关系数	拟合优度/%	A	B
1	$Y = A + BX$	60.36	0.71	51.00	3.114	0.162	139.53	0.84	70.64	5.147	1.061
2	$Y = (A + BX)/X$	580.84	0.95	90.92	-35.650	9.003	410.60	0.94	87.62	-316.700	48.462
3	$Y = 1/(A + BX)$	69.22	-0.74	54.41	0.299	-0.006	65.31	-0.73	52.96	0.108	-0.003
4	$Y = X/(A + BX)$	111.16	0.81	65.71	1.316	0.088	5.02	0.28	7.97	0.638	0.007
5	$Y = Ae^{BX}$	72.77	0.75	55.65	1.188	0.029	124.12	0.83	68.15	2.151	0.048
6	$Y = AXe^{BX}$	81.29	-0.76	58.36	-0.455	-0.029	7.64	-0.34	11.64	0.509	-0.011
7	$Y = AX^B$	96.44	0.79	62.45	0.344	0.508	175.00	0.87	75.11	0.785	0.828
8	$Y = Ae^{BX^2}$	0.38	0.08	0.65	1.679	0.001	2.45	0.20	4.05	2.909	0.001
9	$Y = A + B \ln(X)$	80.26	0.76	58.05	-1.606	2.83	145.14	0.85	71.45	-2.944	17.483
10	$Y = e/(eXp(B/X))$	70.68	-0.74	54.93	2.190	-5.774	132.77	-0.83	69.60	3.811	-9.651
11	$\ln(Y) = A + BX$	72.77	0.75	55.65	1.188	0.029	124.12	0.83	68.15	2.151	0.048
12	$\ln(Y) = A + \ln(X)$	96.44	0.79	62.45	0.344	0.508	175.00	0.87	75.11	0.785	0.828
13	$Y = A + B/X$	62.00	-0.72	51.67	8.688	-2.341	95.45	-0.79	62.20	40.470	-97.610
14	$Y = k/(1 + Ae^{BX})$	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
15	$Y = ke^A e^{BX}$	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
16	$Y = 1/(AX^B)$	96.44	-0.79	62.45	-0.344	-0.508	175.00	-0.87	75.11	-0.785	-0.828

注: Y 为树高、胸径生长量, X 为年龄, A、B 为常数。 $F_{0.05}(df_1=1, df_2=58) = 3.905$ $F_{0.01} = 7.039$

树高(H)与年龄(Y)的最优拟合模型为: $H = (-35.652 + 9.003Y)/Y$

胸径(D_{1.3})与年龄(Y)的最优拟合模型为: $D_{1.3} = (-316.647 + 48.462Y)/Y$

凤凰木为速生树种,可5 a为一个龄级。应用上述生长模型,可以推算出1—10龄级的树高与胸径的理论值,进而计算各龄级的年生长量(表2,3)。

表3 厦门岛行道树凤凰木生长的理论值

项目	龄级									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
年龄/ <i>a</i>	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
树高/m	1.87	5.44	6.62	7.22	7.57	7.81	7.98	8.11	8.21	8.29
胸径/cm	—	16.80	27.35	32.63	35.80	37.91	39.41	40.55	41.43	42.13
树高年生长量/($m \cdot a^{-1}$)	0.37	0.54	0.44	0.36	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17
胸径年生长量/($cm \cdot a^{-1}$)	—	1.68	1.82	1.63	1.43	1.26	1.13	1.01	0.92	0.84

2.3 街区凤凰木绿化调节

小气候效应

城市绿化地带具有良好的调节气候和增加空气湿度的效应。这是因为树木有遮阳荫蔽、减低风速和蒸腾作用的缘故。厦门市街区绿化改善小气候效应, 最明显的是表现在降温和增湿两方面。

从表4可知, 在种植凤凰木的街道, 白天的气温比未绿化区平均降低 $2.1^{\circ}C$, 日最高气温降低 $0.8^{\circ}C$; 绿化街区平均空气相对湿度比对照增加 5.4% , 最低空气湿度则比未绿化街区提高 7.6% 。城市街区绿化的环境效应与绿地类型、树木种类、生长发育状况及树冠郁闭度有关系, 特别是与绿化面积大小和绿地蒸腾率有较为密切的关系。

2.4 凤凰木对台风的抗逆性

厦门地处我国东海岸, 为典型的南亚热带海洋性季风气候, 属于台风多发地带。据统计, 自1956年至今, 对厦门市有影响的台风就达225个^[3]。尤其是在1999年10月9日, “9914”号台风登陆正面袭击厦门地区, 台风中心最大风力达13级, 局部区域达14级, 最大风速达 $46 m \cdot s^{-1}$, 且台风中心在下马地区上空盘旋7h, 全市普降暴雨, 降雨量达200mm左右。

表5 厦门主要道路的凤凰木受“9914”号台风破坏情况

道路名称	倒伏率/%	断折枝率/%	道路名称	倒伏率/%	断折枝率/%
公园东路	23.5	—	悦华路	22.5	—
公园南路	32.8	—	湖中路	15.1	24.5
延平路	34.2	33.1	白鹭洲路	29.1	—
厦大一条街	21.1	13.7	金尚路	4.6	26.2
镇海路	26.9	—	全岛合计	17.3	20.2
故宫路	16.1	3.2			

注: 部分数据引自文献[4]

经过“9914”号台风的袭击, 厦门市的园林绿化遭受重创, 在厦门市近3万株行道树中受损2.3万株, 占75%, 其中倒伏1.3万株, 折株1万株^[4]。凤凰木在这次强台风的洗礼中, 发生连根拔起、倒伏、断折枝等现象。在台风过后, 进行了台风对凤凰木的破坏影响调查。在“9914”号台风中, 凤凰木倒伏率17.3%、断折枝率20.2% (表5)。表现为小树倒伏少、四周空

旷处于台风口的凤凰木受破坏严重等现象,但总体与其它行道树相比,凤凰木受台风破坏相对较小。受台风危害的主要原因是:1. 凤凰木根系发达、树干多弯曲,抵御台风能力较强;2. 冠幅大但多呈扁平状,树冠容积小,且在10月份,快到生理落叶期,受台风阻力较小;3. 凤凰木多集中于厦门老市区,周围楼房林立,台风影响面小;而金尚路的凤凰木均为幼树,台风破坏小。

2.5 危害凤凰木的病虫害

主要害虫为凤凰木夜蛾(*Pericyma cruegn* (Butler))其幼虫食叶,主要为害时间在4—5月份。厦门岛的白鹭洲路上有部分凤凰木植株受害,其蛹结茧以丝状物挂于枝叶上,在空中飘曳,常掉落在行人皮肤上,引起皮肤过敏。防治方法是喷洒50%杀螟松剂1000倍液或50%西维因可湿性粉剂500—800倍液^[2]。

银纹淡黄粉蝶(*Catopsilia pomona* (Fabricius) f. *pomona* (Fabricius))尺蠖类,其幼虫啃食凤凰木叶片,防治方法同凤凰木夜蛾。

在厦门湖里区,作为行道树的凤凰木生长较差,每年均有一部分植株发生根腐病,继而生长势趋弱,最后直至死亡;而且在台风破坏中,发生倒伏现象严重。伍建榕等^[5]在攀枝花市,对凤凰木的根腐病进行病原鉴定,认定致命病害是白纹羽病,病原菌是褐座坚壳菌(*Roselinia necatrix* (Hart.) Berl.),在自然条件下难见其有性和无性孢子,常见菌丝体和白色菌索,发病植株地上部初期症状是黄叶枯梢,发叶迟,最后枝条枯萎植株死亡。这与厦门湖里区的凤凰木发病症状相似。这种病害在攀枝花市的加油站和药检所附近较常见,这些地方污染严重;而湖里区是厦门的主要工业区,种植凤凰木的悦华路一带有许多鞋厂、制衣厂等大量排出废气废水,也是受污染十分严重的地方。防治方法是对轻病株进行环状根施、枝干施杀菌剂,并加强养护管理。

3 结论与讨论

(1) 凤凰木原产马达加斯加,现世界各地无霜地区广泛引种。厦门自20世纪二三十年代引种以来,大量种植凤凰木作为行道树和景观树,并可完成从种子→小苗→成株→开花结实→种子的生命周期,因此厦门地区凤凰木的引种是成功的。

(2) 凤凰木适宜种植于亚热带海滨城市厦门,生长中等或较好,年龄达6a以上便可开花结实,花期为5—8月,盛花期为6—7月,果实11—12月成熟,可挂果至翌年4月。凤凰木树高(H)与年龄(Y)的最优拟合模型为: $H = (-35.652 + 9.003Y) / Y$;胸径($D_{1.3}$)与年龄(Y)的最优拟合模型为: $D_{1.3} = (-316.647 + 48.462Y)$

凤凰木根系发达,枝叶生长茂盛,作为行道树和景观树,应加强修剪整形等管理养护,以美化树体和减少病虫害、风害。凤凰木抵御台风能力较强,但抗污染能力较弱,工业厂区特别是排“三废”量大的地方,生长势弱,易发生根腐病导致死亡,不宜种植。

(3) 凤凰木在厦门岛已有一定数量的种群,但从城市的生物多样性来看,在厦门的主要行道树种类中,凤凰木的数量不少,不宜再大量用凤凰木作行道树。可适量增加作为观赏树的凤凰木数量;也可栽植凤凰木同属的其它种类,如厦门植物园与厦门华侨引种园已成功从巴西引种黄花凤凰木,还可适量栽植其它树种,以增加生物多样性;在厦门岛或市郊的山地,可大面积营造以凤凰木为主的混交风景林,但须防治病虫害的发生与危害。

参考文献:

- [1] 彭镇华, 江泽慧. 中国森林生态网络系统工程[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 99-103
- [2] 陈俊愉. 中国农业百科全书——观赏园艺卷(12). 北京: 农业出版社, 1996. 599-605, 96-97
- [3] 蔡邦平, 王振忠. 营造鹭岛第一道风景线[N]. 厦门日报, 2000-3-14(6)
- [4] 王良睦, 王中道, 许海燕. 9914# 台风对厦门市园林绿化破坏情况的调研及对策研究[J]. 中国园林, 2000, 16(4): 65-68
- [5] 伍建榕, 王海林, 陈秀虹, 等. 攀枝花市凤凰木根病的研究——病原鉴定及其防治初探[J]. 西南林学院学报, 1998, 18(2): 109-113
- [6] 杨士弘. 广州城市绿化的环境作用[J]. 热带地理, 1989, 9(2): 27-31

Investigation on Street Landscaping Tree *Delonix regia* (Flame Tree) in Xiamen City

YE Gongfu¹, LIAO Fu-lin¹, NI Zhi-rong²,
XIAO Sheng¹, CAI Bang-ping³, CHEN Deng-xiong³

(1. Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, Fujian, China; 2. Forestry Bureau of Xiamen, Xiamen 361003, Fujian, China;
3 Xiamen Botanical Garden, Xiamen 361003, Fujian, China)

Abstract: The history of introducing flame tree (*Delonix regia*) in Xiamen is summarized. A investigation is made on the present situations of its application in Xiamen islands, as well as the growth situation. The best model of height (H) to age (Y) is: $H = (-35.652 + 9.003Y) / Y$; The best model of diameter ($D_{1.3}$) to age (Y) is: $D_{1.3} = (-316.647 + 48.462Y) / Y$. Another investigation is made on the resistance of flame tree to windbum, plant diseases and insect pests, and planting flame trees is suggested.

Key words: *Delonix regia* (Flame tree); street tree; introduction; model of growth; Xiamen City