

湿地松种源试验研究

Slash Pine Provenance Tests

杨章旗 黄永利* 陈寿莲*
Yang Zhangqi Huang Yongli Chen Shoulian

(广西林业科学研究院 南宁市邕武路 530001)
(Guangxi Forest Research Institute, Yongwulu, Nanning, Guangxi, 530001, China)

摘要 于1983年、1984年在广西南宁地区林业科学研究所引种美国8个州47个湿地松 (*Pinus elliottii*) 种源,以广东台山湿地松种子园、安徽马鞍山火炬松 (*Pinus taeda*) 和本地马尾松 (*Pinus massoniana*) 为对照。采用随机区组设计,重复4次或5次,试验表明,湿地松种源间生长差异显著,其生长性状的变异属地理渐变型,其它性状的变异则属随机型。优良种源主要分布在美国路易斯安那州到佛罗里达州狭长地带。影响湿地松生长的主要气候因子是年平均气温、1月平均温度和年降雨量。

关键词 湿地松 种源 种源试验

中图法分类号 S 722.7

Abstract Slash pine (*Pinus elliottii*) provenance tests with 47 provenances from 8 states of the United States were conducted in Forestry Research Institute of Nanning Prefecture, southern China from 1983 to 1984. Taishan slash pine of Guangdong province, *Pinus taeda* of Anhui province and local *Pinus massoniana* were applied as controls. A randomized block design with 4 or 5 duplications was used. It showed significant variations among different provenances of slash pine. The growth variance of slash pine was geographic-gradual change, the others changed randomly. The superior provenances distributed from Louisiana to Florida. The main climate factors influencing growth of slash pine are average annual temperature, average temperature in January and annual rainfall.

Key words slash pine, provenance, provenance test

湿地松 (*Pinus elliottii*) 原产美国东南部,从北纬 $27^{\circ} \sim 33^{\circ}$, 西经 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$, 垂直分布从海平面至海拔 600 m 分布区内气候温暖、潮湿,夏季高温多雨,秋冬季较干。年均温 $17.2^{\circ}\text{C} \sim 18.3^{\circ}\text{C}$, 1月平均温度北部为 10°C , 南部为 21°C , 最冷月平均最低温度为 $4^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$, 最热月平均最高温度为 $23^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$, 无霜期北部为 240 d, 南部全年无霜。年降雨量约 1 270 mm, 70% 的降雨量集中在 250 d 的生长季内, 属夏雨型, 降雨分布表现为南北明显的渐变型。

中国从 1933 年开始引种湿地松, 70 年代起进行大面积推广。为了解湿地松地理变异规律, 弄清不同种源的生长潜力和适应能力, 以达到引种的最佳效果, 80 年代初中国开始进行种源研究。广西参加了由中国林业科学研究院主持的全国 14 省 (区) 种源试验协作组, 在 1983—1984 年, 先后开展了 2 次由美国林务局提供不同产地种子园种子的湿地松全分布区种源试验, 1984 年又参加了华裔美国学者王启无教授提供的天然林种子的湿地松种源试验。经过 3 次种源试验, 选

择出适合广西的优良种源

1 试验地概况

试验地设在广西南宁地区林科所内, $23^{\circ} 10' \text{N}$, 108°E 年平均气温 21.5°C , 最冷月 1 月平均气温 12.5°C , 极端最低温 -1.2°C , 最热月 7 月平均气温 29.7°C , 极端最高温 40.6°C , 霜日年均 2 d—3 d, 年降雨量 1 246 mm, 年蒸发量为 1 613.8 mm, 夏湿冬干, 干湿季明显, 相对湿度 79%。土壤为第四纪红土发育形成的中壤厚层赤红壤, 土壤厚 1 m 以上, pH 值为 4.5—5.0 海拔 120 m, 地势平坦。

2 材料来源

2.1 试验材料

试验用种均由中国林业科学研究院林业研究所提供。3 次试验共收集美国 8 个州 47 个湿地松种源 (部分种源重复), 几乎包括了整个自然分布区。1983 年的湿地松种源有美国林务局提供的来自种源种子园 19 个, 以广东台山湿地松种子园、安徽马鞍山火炬松 (*Pinus taeda*) 和本地马尾松 (*Pinus massoniana*) 为对照, 共 22 个号。1984 年的湿地松种源 8 个, 其中包括

1998-08-03 收稿, 1999-05-10 修回。

* 广西南宁地区林业科学研究所, 武鸣, 530107 (Forestry Research Institute of Nanning Prefecture, Wuming, Guangxi, 530107)

表1 1983年、1984年引种的湿地松种子园产地种源

Table 1 Provenances of slash pine seed orchard planted in 1983 and 1984

种源号 No.	产地 Provenance	纬度 Latitude (°)	经度 Longitude (°)	年均温 Average annual temperature (°C)	月平均最低 温 Average minimum tem perature in Jan. (°C)	年降雨量 Annal rainfall (mm)	6月~9月 降雨 Rainfall from June to Sep. (mm)	无霜期 Frost- free days (d)	参试 年度 Planted time
1	罗伯孙,北卡	34.5	79.0	16.9	1.87	1210.0	525.3	225	1983
2	萨姆特,南卡	34.0	80.5	17.4	2.31	1150.0	517.9	236	1983
3	多尔切斯特,南卡	33.0	80.5	18.0	2.92	1125.0	498.6	241	1983
4	埃文斯,佐治亚	32.0	82.0	19.2	5.12	1200.0	546.6	245	1983 1984
5	格林,佐治亚	31.0	81.0	20.4	7.48	1360.0	741.9	282	1983 1984
6	比布,佐治亚	32.0	83.5	19.5	4.75	1260.0	477.8	249	1983
7	帕特南,佛罗里达	29.5	81.5	21.2	9.68	1300.0	663.9	337	1983
8	纳索,佛罗里达	30.5	81.5	20.5	7.37	1325.0	707.4	299	1984
9	泰勒,佛罗里达	30.0	83.5	20.2	8.86	1420.0	715.3	305	1983
10	纳索,佛罗里达	30.5	81.5	20.5	7.37	1325.0	707.4	299	1983 1984
11	爱斯勒比亚,佛罗里达	30.5	87.0	19.8	8.20	1560.0	659.6	292	1983 1984
12	琼斯,密西西比	31.5	89.0	19.2	4.18	1530.0	497.1	233	1983 1984
13	乔治城,南卡	34.0	79.0	17.4	2.31	1150.0	517.9	236	1983
14	麦迪逊,佛罗里达	30.5	83.5	19.6	5.50	1400.0	682.5	267	1983
15	杰克逊,佛罗里达	30.8	85.3	20.0	6.27	1735.0	757.4	267	1983
16	佐治,密西西比	31.0	89.0	19.2	4.18	1520.0	497.1	233	1983
17	奥林奇,德克萨斯	30.0	94.0	19.9	6.60	1400.0	548.7	321	1983
18	考尼可,阿拉巴马	31.5	87.0	18.4	3.69	1360.0	475.2	261	1983
19	阿拉契,佛罗里达	30.0	81.5	21.0	8.58	1310.0	675.4	285	1983
20	格兰特,路易斯安那	31.0	93.5	19.7	5.28	1560.0	468.1	247	1983
21	克莱文,北卡	35.0	79.0	16.3	2.15	1335.0	602.5	237	1984
22	弗雷斯特,密西西比	31.0	89.0	18.6	3.63	1485.0	478.8	227	1984
23	台山湿地松								1983 1984
24	马鞍山或武昌火炬松								1983 1984
25	本地马尾松								1983 1984

表2 1984年王启无天然林湿地松种源

Table 2 Provenances of slash pine natural stands provided by Mr. Wangqiwu in 1984

种源号 No.	产地 Provenance	纬度 Latitude (°)	经度 Longitude (°)	年均温 Average annual temperature (°C)	月平均最低 温 Average minimum tem perature in Jan. (°C)	年降雨量 Annal rainfall (mm)	6月~9月 降雨 Rainfall from June to Sep. (mm)	无霜期 Frost- free days (d)
1	Nobile, Ala	30.8	88.2	19.4	6.16	1642	639.1	274
2	Escambia, Fla	30.6	87.4	19.8	8.20	1560	659.6	292
3	Bleckley, Ga	32.5	83.4	18.7	3.63	1176	422.9	246
4	Bibb, Ga	32.8	83.6	19.5	4.57	1260	477.8	249
5	Bibb, Ga	32.8	83.6	19.5	4.57	1260	477.8	249
6	Camden, Ga	30.8	81.8	20.4	9.68	1358	741.9	299
7	Washington, G	33.0	83.0	17.8	3.03	1188	416.1	231
8	St Tammany, La	30.6	90.2	19.6	6.37	1501	535.4	269
9	Harrison, Miss	30.5	89.0	20.0	6.44	1573	557.3	269
10	Georgetown, S	33.5	79.4	17.4	2.31	1150	517.9	236
11	Levy, Fla	29.2	82.8	22.2	10.10	1265	771.9	348
12	Polk, Fla	28.0	81.6	22.8	11.61	1362	815.3	347
13	St Tammany, La	30.6	90.2	19.6	6.37	1501	535.4	269
14	Galewood, Ala							
15	Dellwood, Fla							
16	Pensacole, Fla	30.3	87.2	20.0	8.20	1560	659.6	292
17	Springhill, La	33.0	93.3	18.9	3.58	1315	334.8	243
18	Leakesville, Miss							
19	Riegel Paper, N. C							
20	Eight Oaks, S. C							
21	台山湿地松							

1983年已参试的5个种源,以台山湿地松种子园、湖北武昌火炬松和本地马尾松为对照,共11个号。1984年来自天然林的种源20个,以台山湿地松种子园为对照。各次试验的种源情况见表和表2

2.2 试验林设计与营造

分别于1984年、1985年冬季育苗,次年6月~8月造林,机耕整地。均采用随机区组设计,1984年、1985年株行距为2.75 m×2.75 m,4次重复,25株(5×5)小区,中间1株为每年的固定观测株。1984年天然林种源株行距为3 m×3 m,5次重复,单行4株小区。

2.3 试验观测与分析

每年年底观测1次。数据统计分析采用微机处理,软件为Genstar数理统计软件。树干通直率($A\%$)经反正弦处理, $X_{ij}' = \arcsin X_{ij}$,种源小区的结实数用平方根变换, $X_{ij}' = X_{ij} + 1$,然后进行方差分析。

3 结果及分析

3.1 种源间的生长性状的差异

3.1.1 1983年种源试验

从表3可以看出,种源间生长差异达到显著或极

表3 1983年湿地松种内各种源生长方差分析

Table 3 Variance analysis of slash pine between provenances planted in 1983

年度 Year	树高 Tree height				直径 Diameter			
	变幅 Fluctuation (m)	F值 F value	方差分量 Variable (%)	遗传力 h^2 Heritability	变幅 Fluctuation (cm)	F值 F value	方差分量 Variable (%)	遗传力 h^2 Heritability
1983	0.17~0.26	4.28	36.48	0.77	0.70~1.17	4.01	37.27	0.75
1984	0.86~1.22	2.97	26.80	0.66	3.18~4.23	2.07	17.23	0.51
1985	1.92~2.35	4.11	33.97	0.76	6.06~7.06	2.35	13.55	0.57
1986	2.82~3.34	2.43	22.45	0.59	5.57~6.94	2.33	19.01	0.57
1987	3.82~4.56	2.45	22.50	0.59	7.09~8.26	2.68	25.56	0.62
1988	4.74~5.48	2.08	19.62	0.52	8.63~9.92	1.90	16.57	0.47
1989	5.76~6.60	2.78	27.29	0.64	9.56~10.98	2.86	29.60	0.65
1990	6.74~7.58	3.02	29.60	0.67	10.99~11.93	3.25	29.05	0.69
1991	7.40~8.29	2.42	25.00	0.59	11.19~12.42	1.80	12.48	0.44
1993	8.68~9.68	3.38	27.58	0.70	13.28~14.49	3.24	26.53	0.69

$F_{0.05} = 1.78, F_{0.01} = 2.26$.

表4 1984年湿地松天然林种源(8年生)生长方差分析

Table 4 Variance analysis of slash pine natural stands between provenances

年度 Year	树高 Tree height				直径 Diameter			
	变幅 Fluctuation (m)	F值 F value	方差分量 Variable (%)	遗传力 h^2 Heritability	变幅 Fluctuation (cm)	F值 F value	方差分量 Variable (%)	遗传力 h^2 Heritability
1984	0.07~0.17	7.29	56.26	0.86	0.28~0.48	2.62	24.50	0.62
1985	0.17~0.57	8.07	57.41	0.87	1.64~2.69	1.90	15.36	0.47
1986	0.54~1.32	6.15	50.92	0.84	4.10~5.69	2.74	25.43	0.63
1987	1.24~2.28	4.22	40.12	0.76	2.74~3.70	1.31		
1988	2.20~3.29	2.45	23.13	0.59	4.89~6.69	1.40		
1989	3.04~4.55	3.52	34.22	0.72	5.48~8.54	3.00	28.58	0.66
1990	4.11~6.07	3.79	36.35	0.73	7.52~10.73	2.80	26.93	0.64
1991	4.88~6.87	3.01	29.37	0.67	8.36~11.89	2.28	20.90	0.56

$F_{0.05} = 1.70, F_{0.01} = 2.12$.

显著水平。从1~11年生,树高F值2.42~4.28,广义遗传力0.52~0.77,从树高直观排列名次上,历年所排序次基本不变,表现好的种源仅分布在东南沿海阿拉巴马州到南卡、北卡、佛罗里达州一带,前6名为1号(罗伯孙,北卡)、3号(多尔切斯特,南卡)、6号(比布,佐治亚)、13号(乔治城,南卡)、14号(麦迪逊,佛罗里达)、18号(考尼可,阿拉巴马)种源,生长较差的为广东台山湿地松种子园,以及德克萨斯州(17)等种源。11年生时,最优种源的树高比台山湿地松种子园、马鞍山火炬松和本地马尾松分别大7.92%、11.52%、4.54%。胸径F值1.80~4.01,广义遗传力0.44~0.75,11年生时,最优种源比最差种源、台山湿地松种子园、马鞍山火炬松分别大9.11%、8.78%、7.97%。本地马尾松的胸径、材积大于所有参试的湿地松种源,但经邓肯氏Q检验,差异不显著。台山湿地松种子园和马鞍山火炬松的树高、胸径、材积生长与湿地松优良种源的差异显著。

3.1.2 1984年种源试验

种源间生长无显著差异。根据显著性检验分析结果,在1984年种源试验中重复出现的5个种源,在1983

年试验中种源间无显著差异。以两次试验 199 年的调查材料作交互作用分析,结果是生长性状在年度间差异达到显著,种源间差异显著,年度×种源交互作用不显著。两次试验结果说明湿地松种源生长差异是相对稳定的。在新增的 3 个种源中,来自密西西比州的 22 号种源表现比较好,但它与其它种源的差异不显著,且由于重试的 5 个种源在 1983 年试验中排位靠后,因此,不能被确认为优良种源。

3.1.3 1984 年的湿地松天然林种源

表 4 结果表明,种源间生长差异达到了显著或极显著水平。表现好的种源分布在路易斯安那州到佛罗里达州狭长地带。种源的生长差异较稳定,历年高生长所排序次基本不变,前 5 名为 2 号(爱斯堪比亚,佛罗里达)、14 号(Galewood,阿拉巴马)、16 号(Pensacole,佛罗里达)、17 号(泉山,路易斯安那)、21 号(台山湿地松种子园)种源。最差的是最南端的 12 号种源。台山湿地松种子园的生长量较高。

3.2 其它性状

3.2.1 干形 湿地松种源间干形的差异极显著。1983 年种源的 1、3、18、2、15、13、16、17 号种源 A 级干形率高,它们与最差的 7 号、10 号、台山湿地松等种源差异显著。干形与生长量无相关。

3.2.2 结实率 1983 年种源,8 年时统计小区有球果的株数,不同产地的湿地松种源间结实株数有差异。分布在北卡、南卡、阿拉巴马、佐治亚、密西西比的种源均已结实,尤以东部沿海种源结实株多。佛罗里达州仅有少数种源结实,且结实种源偏少。种源分布区西部的路易斯安那州、德克萨斯州的种源尚未结实。

3.2.3 冠幅 198 的湿地松种子园不同产地的冠幅差异显著。但与生长无显著相关。且与原产地无霜期有显著的负相关。1984 年种子园产地种源与 1983 年种源表现一致。1984 年的天然林种源不同产地的冠幅差异达到显著水平,冠幅与生长密切相关,影响冠幅的决定因子是胸径(偏相关系数 $m = 0.0548, r = 0.5369$, 复相关系数 $R = 0.8564$),且与原产地的平均气温有显著的负相关,表明热量是影响冠幅的主要因子。

3.2.4 保存率及病虫害 湿地松种源病虫害很少发生,是一个抗病虫能力较强的树种。种源间保存率无显著差异。

3.3 年生长节律

湿地松多数种源一年中抽梢 4 次,少数种源(包括广东台山湿地松)3 次,且物候期普遍比火炬松早约 1 个月。不同种源幼林期生长过程大致相似,种源

间的差异仅表现为速生期的生长量和延续时间,一般在 3 月上旬进入速生期,4 月达到高峰期,一直持续到 7 月下旬,以后减缓,直到 11 月底停止生长。速生期为 4~6 月,与第 2~3 次抽梢期时间相符,速生期的树高生长量为全年生长量的 72.64%,种源的月生长量与当地月平均温度、月降雨量无显著关系。物候期与原产地气候条件无关。

3.4 生长变异与地理因子的关系

以种源的平均树高、胸径生长量与相对应的原产地纬度、经度、年均温、1 月平均最低温、年降雨量、6~9 月降雨量、无霜期等 7 个因子作简单相关分析,从表 5 中可以发现,1983 年种源树高生长与年均温、1 月平均最低温和年降雨量有显著的负相关。这说明影响湿地松生长的主导因子是热量(年平均温度和 1 月平均最低温)和年降雨量。种源的生长随温度的递减而增加,表明在我区夏季高温多雨、无霜期对北部种源的生长更有利。而 20 个天然林种源从直观上看是南端种源(12 号)生长最差,这与 1983 年试验回归分析结果一致。

表 5 1983 年的种源(11 年生)生长与原产地地理气候因子相关系数

Table 5 Correlation coefficient of geography and climate with growth of provenances planted in 1983

因子 Factor	树高 Tree height	胸径 Diameter
纬度 Latitude	0.4224	0.4398
经度 Longitude	-0.2764	-0.4445
年均温 Average annual temperature	-0.4148	-0.3384
1 月平均最低温 Average minimum temperature in Jan.	-0.4738	-0.4035
年降水量 Annal rainfall	-0.4808	-0.5914
6 月~9 月降水量 Rainfall from June to Sep.	-0.4223	-0.3753
无霜期 Frost-free days	-0.3736	-0.3028

$r_{0.01} = 0.4555, r_{0.05} = 0.3887.$

3.5 优良种源选择

根据种源的生长特性、适应性和稳定性,以树高、胸径生长量位于前 3~5 名为优良种源。优良种源包括佛罗里达州麦迪逊(14 号),佐治亚州比布(6 号),南卡州乔治城(13 号)、多尔切斯特(3 号),北卡州罗伯孙(1 号),阿拉巴马州考尼可(18 号)等种源。中选的优良种源在 1 年生时比对照台山湿地松种子园树高、胸径、材积分别提高了 10.13%、5.83%、23.38%。

(下转第 224 页 Continue on page 224)

谱上的条带电泳结果相同,带来实验误差^[7]; (2) 由于引物作用位点正好是样品间相同的 DNA 区域,所以扩增出的结果一样,这说明该引物作用在该样品的 DNA 片段不存在多态性。为了减少误差,参照菌株最好是在种的水平上选择^[8],同时要对引物进行严格筛选,以使实验结果更能反映出物种间 DNA 多态性。

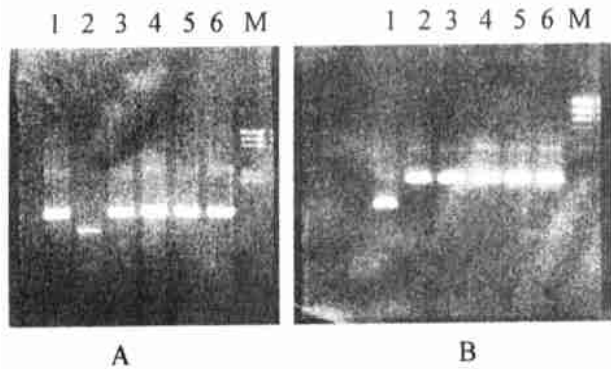


图 1 引物 S₈₈ (A) 和 S₁₆ (B) 扩增的 RAPD 图谱

Fig. 1 The RAPD patterns generated by primers S₈₈ (A) and S₁₆ (B)
M 为分子量标准 (DNA/HindIII), 1~6 依次为凤尾菇, 金针菇, 菌株 1 号、2 号、3 号, 红菇子实体 Lane M: DNA/HindIII markers, Lanes from 1 to 6 *Pleurotus sajor-aju*, *Flammulina velutipes* (Fr) Sing, strains 1 to 3, *Russula saporocarp*.

3 讨论

RAPD 技术现在已发展到一个相当成熟的阶段,虽然其作为一种生物分类手段还存在一些缺陷^[9],但作为一种鉴定手段却广泛应用于疾病鉴定,物种亲缘关系分析等方面。本实验应用 RAPD 技术鉴定大型

真菌的分离菌株,结果表明已达到了分离鉴定的目的。为了使该实验手段更完善,可以用 RAPD 对待检测的大型真菌基因组进行检测,构建基因组指纹图谱库,找出代表种间差异的特异性谱带,再对其进行测序,并在此基础上设计出特殊引物,用标准 PCR 扩增来达到更快速、准确鉴定大型真菌分离菌株的目的。

致谢

本实验在广西大学农业分子遗传农业部重点开放实验室进行,得到冯家勋、唐东阶等老师的帮助与指导,在此致以衷心感谢。

参考文献

- 1 李海鹰,范嘉晔,王桂文等. 广西浦北鳞盖红菇的形态与生态环境. 广西科学, 1995, 2 (2): 33~ 35.
- 2 惠东威. 遗传学报, 1996, 23 (6): 460~ 468.
- 3 弓明钦等. 菌根研究及应用. 北京: 中国林业出版社, 1997. 152~ 153.
- 4 朱沛轩. PCR 检验技术. 成都: 四川大学出版社, 1995.
- 5 萨姆布鲁克 J 等. 分子克隆实验指南. 金冬雁等译. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 1989.
- 6 Nei M, Li W H. Proc Natl Sci USA, 1979, 76 5269~ 5278.
- 7 曾伟等. 双孢蘑菇及大肥菇的种内及种间多态性 RAPD 分析. 菌物系统, 1999, 18 (1): 55~ 60.
- 8 陈春涛等. 香菇栽培种线粒体 DNA 和核糖体 DNA 多态性研究初探. 微生物学杂志, 1997, 23~ 26.
- 9 喻盛甫,王杨,胡先奇等. 种常见根结线中基因组 DNA 的 RAPD 分析. 植物生理学报, 1998, 28 (4): 359~ 365.

(责任编辑: 蒋汉明)

(上接第 20 页 Continue from page 209)

198 年天然林优良种源为佛罗里达的 2 号 (爱斯基比亚)、11 号 (利维)、16 号 (Pensacole), 阿拉巴马州 1 号 (Galewood), 路易斯安那州 17 号 (泉山)。因它们来源于天然林, 未经遗传改良, 与台山湿地松种子园相比, 增益不显著。

4 结语

湿地松种源间生长、冠幅、干形、结实等性状差异显著, 种源的生长性状的变异属地理渐变型, 其它性状多表现为随机型。影响湿地松生长量的主导气象因子是热量, 随种源原产地年平均气温升高而下降, 以北部种源生长较好, 南部种源较差。优良种源分布在东南部沿海的佛罗里达州、佐治亚州、南卡罗来那

州、北卡罗来那州和阿拉巴马州等 5 个州。湿地松种源间生长差异稳定, 年度的重复试验表明无交互作用, 早晚相关显著, 因此, 在中国南方低丘台地发展湿地松, 选择美国东南部沿海的优良种源, 将比广东台山湿地松在单株材积上获得 23.38% 的增益。

参考文献

- 1 潘志刚等. 湿地松、火炬松种源试验研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1992.
- 2 吴中伦等. 国外树种引种概论. 北京: 科学出版社, 1983.
- 3 郝克编. 美国南方松区内外选择气象台站 1921~ 1950 年气候资料. 美国林务局试验站, 1955.
- 4 潘志刚, 游应天. 湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培. 北京: 北京科学技术出版社, 1991.

(责任编辑: 蒋汉明)