

中山杉与池杉、落羽杉和水杉 对比造林的调查和评价

殷云龙 陈永辉

(江苏省植物研究所, 南京 210014)
中国科学院

摘要 用中山杉 302、401、301 和“三杉”(池杉、落羽杉、水杉)在江苏北部盐碱地进行多点对比造林,并在造林后 6~8、10 和 13 年分别进行调查和分析,结果表明:在土壤 pH8.0~9.5,含盐量 <0.2% 的立地条件下,中山杉 302 综合生长表现最优,401 次之,301、落羽杉、水杉表现中等,池杉表现最差,由此可见,302 和 401 可作为常规“三杉”造林的更新树种或在低洼碱土和轻盐碱土速生丰产林基地建设中加以发展。

关键词 对比造林;中山杉;池杉;落羽杉;水杉

The survey and evaluation to comparative plantation of *Taxodium 'Zhongshansa'* and *T. ascendens*, *T. distichum* and *Metasequoia glyptostroboides* Yin Yun-Long and Chen Yong-Hui (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014), *J. Plant Resour. & Environ.* 1997, 6(3): 23~28

The multilocal plantation of *Taxodium 'Zhongshansa 302'* (*T. distichum* × *T. mucronatum*), '*Z. 401*' (*T. ascendens* × *T. mucronatum*) and *Taxodium 'Z. 301'* (*T. distichum* × *T. mucronatum*) compared with *T. ascendens*, *T. distichum* and *Metasequoia glyptostroboides* on salty soils of northern part of Jiangsu Province were investigated and analysed. The result shows that on the soil conditions with pH 8.0~9.5 and salinity <0.2%, '*Z. 302*' has an excellent synthetic growing appearance and '*Z. 401*' is only the next to it. '*Z. 301*', *T. distichum* and *Metasequoia glyptostroboides* are undistinguished while *T. ascendens* is poor in growing characters. Thus, '*Z. 302*' and '*Z. 401*' can be used as tree species for renewing the other two *Taxodium* species and *M. glyptostroboides* or developed for the basic establishment of fast-growing and high-yielding forest.

Key words comparative plantation; *Taxodium 'Zhongshansa'*; *Taxodium ascendens*; *Taxodium distichum*; *Metasequoia glyptostroboides*

落羽杉属的池杉和落羽杉于本世纪 70 年代在我国林业和园林绿化方面得到大面积推广,成为平原低湿地区造林的主要树种,但由于池杉、落羽杉不耐盐碱,限制了这两个树种推广。通过属内种间杂交(池杉、落羽杉与较耐盐碱的墨西哥落羽杉杂交),江苏省·中国科学院植物研究所选育出的 F₁代速生抗逆新品种中山杉 302(落羽杉×墨杉)、301(落羽杉×墨杉)和 401(池杉×墨杉),自 1987 年省级成果鉴定以来,已引种推广到江苏、浙江、山东、安徽、上海等省市绿化造林。在江苏,南至宜兴、丹阳,东到如东、射阳、赣榆,北抵铜山、沭阳、洪泽等县均有引

种栽植,树龄最大的已13年生。由于该杂种无性系具有生长迅速、树形美观、耐湿、耐盐碱等优良栽培性状,因此对于改进我国东部沿海地区的林种结构、美化环境、促进林业产业的持续、高效发展具有重要意义。本文对历年来在宝应、如东、射阳三地营造的中山杉与池杉、落羽杉对比试验林进行了调查、分析和评价,并选择我国东部平原地区广泛推广的同立地条件、同龄水杉作为对比树种,以阐明中山杉杂种无性系的应用价值和前景。

1. 材料与 方法

1.1 供试苗木

中山杉 302 (*Zhongshansa* 302: *Taxodium distichum* × *T. mucronatum*)、401 (*T. ascendens* × *T. mucronatum*)和 301 (*T. distichum* × *T. mucronatum*)杂种无性系和亲(母)本落羽杉 [*Taxodium distichum* (L.) Rich.]、池杉 (*Taxodium ascendens* Brongn.)以及对对照种水杉 (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)均为扦插苗,1年生(不含扦插生根当年苗龄,下同)苗高0.8~1.0 m。

1.2 试验地选择

选择对苏北地区有代表性的宝应、射阳、如东三地营造对比试验林,试验林地的基本自然条件见表1。

表1 中山杉杂种无性系与“三杉”对比试验林地的基本自然条件*

Tab 1 The basic natural conditions of trial sites of *Taxodium* 'Zhongshansa' and *T. ascendens*, *T. distichum* and *M. glyptostroboides**

造林地点 Site	地理位置 Location		气候 Climate			土壤 Soil			
	东经 East longitude	北纬 North latitude	年均气温 A. M. T. (°C)	绝对最低温 A. L. T. (°C)	年均降雨量 A. P. (mm)	类型 Type	pH	含盐量 Salinity (%)	地下水位 U. W. L. (cm)
宝应 Baoying(A ₁)	119°15'	33°10'	14.4	-16.9	938.6	沙质轻壤土	8.0	-	60~100
宝应 Baoying(A ₂)	119°15'	33°12'	14.4	-16.9	938.6	沙质土	8.5	-	30~50
射阳 Sheyang(B ₁)	120°28'	33°30'	13.8	-13.6	1022.0	沙质潮盐土	9.5	0.027	80~100
射阳 Sheyang(B ₂)	120°28'	33°30'	13.8	-13.6	1022.0	沙质潮盐土	8.13	0.007	80~100
如东 Rudong(C ₁)	121°15'	32°25'	14.8	-10.2	1028.0	沙质潮盐土	7.9	0.084	250~350
如东 Rudong(C ₂)	121°15'	32°25'	14.8	-10.2	1028.0	沙质潮盐土	-	-	250~350
如东 Rudong(C ₃)	121°15'	32°25'	14.8	-10.2	1028.0	沙质潮盐土	8.8	0.232	50~60

* A. M. T.: Annual mean temperature; A. L. T.: Absolute lowest temperature; A. P.: Annual precipitation; U. W. L.: Underground water level

里下河地区的宝应县内 A₁(宝应县中港乡金湖村)、A₂(宝应县种苗场)两区属低洼碱地, A₁区面积 1 hm²,造林前为曾种过数年麦、豆的熟荒地,肥力中等;A₂区面积 0.67 hm²,造林前为生荒地,肥力较低;株行距均为 3m × 4m。位于东北部沿海射阳的 B₁(射阳县林场)为苗圃地,面积 0.33 hm²,株行距 2m × 3m;B₂(射阳苗圃河堤)为低产杨树更新迹地,面积 2 hm²,株行距为 3m × 3m。位于东南部沿海如东的 C₁(如东县北渔乡海堤)区,面积 3.33 hm²,C₂(如东县洋口海堤)面积 5.33 hm²,均为低产刺槐更新海堤,株行距为 3m × 3m;C₃(如东县耐盐植物园)为围垦农田,由于含盐量高,曾种过田菁,株行距为 2m × 3m。

中山杉杂种无性系与亲(母)本均以行状排列对比,水杉则选择相邻的片林作对比。造林后除 C₃区用禾草覆盖和割草抚育外,其余林地均实行林农间作,以耕代抚 3~4 年。

1.3 立地调查 造林时取 0~60 cm 土样测定 pH 值,含盐量,有机质和速效性 N、P、K 等,并调查地下水位和气候因子。

1.4 生长量测定 1996 年 12 月,按原先固定的株行跟踪实测树高和胸径,立木蓄积按 $V = \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot f$ 公式计算,式中 H 为树高;f 为形数,取值 0.45。

2. 结 果

中山杉杂种无性系及亲本落羽杉、池杉和水杉在不同试验林地上不同树龄的生长情况见表 2,表 3 和表 4。

表 2 幼龄中山杉杂种无性系与母本落羽杉、池杉以及水杉的生长量比较*
Tab 2 Growth comparison of the young stands of *Taxodium* 'Zhongshansa' with their female parents (*T. distichum* and *T. ascendens*) and *M. glyptostrobooides**

地点 Site	树种 Tree species	树龄 Age	调查 株数 SI	总生 长量 TG	树高 Height (m)			胸径 DBH (cm)			
					为池杉 的 % Ratio to <i>T.</i> <i>ascendens</i>	为落羽杉 的 % Ratio to <i>T.</i> <i>distichum</i>	为水杉 的 % Ratio to <i>M.</i> <i>glyptostrobooides</i>	总生 长量 TG	为池杉 的 % Ratio to <i>T.</i> <i>ascendens</i>	为落羽杉 的 % Ratio to <i>T.</i> <i>distichum</i>	为水杉 的 % Ratio to <i>M.</i> <i>glyptostrobooides</i>
B ₁	中山杉 302	7	27	5.18	224.2	-	-	9.73	448.4	-	-
	401	7	5	4.27	184.9	-	-	5.32	245.2	-	-
	池杉	7	3	2.31	100.0	-	-	2.17	100.0	-	-
C ₁	中山杉 302	8	54	5.86	144.0	-	114.2	10.89	188.7	-	148.4
	401	8	30	5.35	131.5	-	104.3	8.75	151.6	-	119.2
	池杉	8	4	4.07	100.0	-	79.0	5.77	100.0	-	78.6
	水杉	8	16	5.13	-	-	100.0	7.34	-	-	100.0
C ₂	中山杉 302	6	20	3.74	-	146.1	137.5	6.02	-	200.7	210.5
	301	6	20	3.14	-	122.7	115.4	4.86	-	162.0	170.0
	落羽杉	6	20	2.56	-	100.0	94.1	3.00	-	100.0	104.9
	水杉	6	20	2.72	-	-	100.0	2.86	-	-	100.0
C ₃	中山杉 302	7	20	2.79	-	142.9	-	3.60	-	229.3	-
	落羽杉	7	20	1.97	-	100.0	-	1.57	-	100.0	-
B ₂	中山杉 302	7	27	5.00	263.0	-	-	8.8	663.2	-	-
	401	7	5	4.90	259.3	-	-	7.2	542.1	-	-
	池杉	7	3	1.90	100.0	-	-	1.3	100.0	-	-

* 中山杉 301: *T. distichum* × *T. mucronatum*; 中山杉 302: *T. distichum* × *T. mucronatum*; 中山杉 401: *T. ascendens* × *T. mucronatum*; 池杉: *T. ascendens*; 落羽杉: *T. distichum*; 水杉: *M. glyptostrobooides*; SI: Surveyed individuals; TG: Total growth.

2.1 池杉对立地条件的生长反应和评价

池杉为我国水网地区重要的速生丰产林树种之一^[1],但在长江江滩和苏北地区碱性土壤上,常出现生理黄化,生长不良,根据笔者多年来的试验观察^[2],即使在 A₁和 A₂两块 pH 8.0~8.5 基本不含盐的试验地上,池杉黄化率达 82.8% 和 100%,部分植株枯焦死亡,保存率仅有

50%。而在 B_1 、 B_2 、 C_1 和 C_2 等轻盐土上保存率则更低^[3], 尽管保存下来的植株能逐步恢复生长, 但年生长量也极低。由表 4 可以看出在立地条件较好的 A_1 区 (pH 8.0), 13 年生池杉年均高生长量和胸径生长量为 0.85 m 和 1.14 cm, 而在 pH 8.5 的 A_2 区年均高生长量和胸径生长量为 0.54 m 和 0.62 cm。随着土壤 pH 的升高, 池杉的生长量呈下降趋势。池杉对土壤盐分的反应也较为敏感, 由表 2 可以看出, 在土壤含盐量 < 0.027% 的 B_1 区, 池杉年均高径生长量分别为 0.33 m 和 0.31 cm, 明显低于其他树种。一般生产上认为, 我国速生用材树种的标准为: 树高年均生长量 1.0 m 以上, 胸径 1.0 cm 以上, 材积 1.0 m³/亩以上, 即所谓“三个 1”的标准。如按 56 株/亩的密度计算, 在立地条件最好的 A_1 区 13 年池杉平均单位面积立木蓄积年增量只及标准的 34%。

表 3 10 年生中山杉杂种无性系与母本和水杉生长量比较*

Tab 3 Growth comparisons of 10 years old *Taxodium 'Zhongshansa'* with their female parents and *M. glyptostrobooides**

地点 Site	树种 Tree species	调查 株数 SI	树高 Height (m)			胸径 DBH (cm)			单株材积 Volume (m ³)		
			总生 长量 TG	为母本 的 % Ratio to FP	为水杉 的 % Ratio to SH	总生 长量 TG	为母本 的 % Ratio to FP	为水杉 的 % Ratio to SH	总生 长量 TG	为母本 的 % Ratio to FP	为水杉 的 % Ratio to SH
A_2	中山杉 302	10	8.39	152.0	-	16.67	168.2	-	0.0733	430.1	-
	301	30	7.19	130.3	-	13.39**	134.1	-	0.0399	234.1	-
	落羽杉	15	5.52	100.0	-	9.91	100.0	-	0.0170	100.0	-
	中山杉 401	20	8.34	170.0	-	12.57	225.7	-	0.0435	862.5	-
	池杉	20	4.92	100.0	-	5.57	100.0	-	0.0050	100.0	-
A_1	中山杉 302	15	11.85	112.86	158.0	23.73	155.10	170.4	0.2096	271.5	436.6
	301	27	9.00	85.71	120.0	17.80	116.34	127.8	0.0896	116.0	186.6
	落羽杉	29	10.50	100.00	140.0	15.30	100.00	109.8	0.0772	100.0	160.8
	中山杉 401	27	11.48	126.60	153.1	18.64	147.40	133.8	0.1316	274.8	274.1
	池杉	28	9.07	100.00	120.9	12.65	100.00	90.4	0.0479	100.0	99.7
	水杉	20	7.50	-	100.0	13.93	-	100.0	0.0480	-	100.0

* 中山杉 301: *T. distichum* × *T. mucronatum*; 中山杉 302: *T. distichum* × *T. mucronatum*; 中山杉 401: *T. ascendens* × *T. mucronatum*; 池杉: *T. ascendens*; 落羽杉: *T. distichum*; 水杉: *Metasequoia glyptostrobooides*; SI: Surveyed individuals; TG: Total growth; VPI: Volume per individual; Ratio to FP: Ratio to female parents; Ratio to SH: Ratio to *Shui-Hsa*, Ratio to *M. glyptostrobooides*. ** 中山杉 302 与 401, 301 的对比, t 检验显著 Comparison between 302 and 401 or 301, t - test significant, $\alpha = 0.05$

2.2 落羽杉对立地条件的生长反应和评价

落羽杉也是我国平原水网地区优良造林树种之一^[1], 在苏北盐碱地上造林也常发生黄化现象, 影响成活和生长, 但不如池杉敏感, 根据笔者观察^[3], 在 pH > 8.0 的 A_1 和 A_2 区, 落羽杉轻度黄化率达 60% 以上, 保存率 > 85%, 随着树龄的增加, 耐盐碱能力逐步增强, 并恢复正常。土壤 pH 值的高低对落羽杉的生长也有影响, 在 pH 8.5 的 A_2 区, 13 年生落羽杉年均树高和胸径生长量分别为 0.55 m 和 1.03 cm, 在 pH 8.0 的 A_1 区分别为 0.88 m 和 1.46 cm, 后者明显高于前者。土壤盐分对落羽杉的生长也有影响, 在土壤盐分 > 0.2% 的 C_3 区, 7 年生落羽杉年均树高和胸径生长量分别为 0.28 m 和 0.22 cm, 在土壤盐分 < 0.1% 的 C_2 区, 6 年生落羽杉的年均高径生长量分别为 0.43 m 和 0.50 cm, 后者为前者的 2.0 倍左右。从丰产性能来看, 在 A_1 区, 13 年生落羽杉树高、胸径和材积生长量分别为速生用材树种“三个 1”标准的 88%,

146% 和 51%, 仍有较大的差距。当然, 这仅仅是在 1/2 轮伐期时的状况。

表 4 13 年生中山杉杂种无性系与母本和水杉生长量比较*

Tab 4 Growth comparisons of 13 years old *Taxodium 'Zhongshansa'* with their female parents and *M. glyptostrobooides**

地点 Site	树种 Tree species	调查 株数 SI	树高 Height (m)			胸径 DBH (cm)			单株材积 Volume (m ³)		
			总生 长量 TG	为母本 的 % Ratio to FP	为水杉 的 % Ratio to SH	总生 长量 TG	为母本 的 % Ratio to FP	为水杉 的 % Ratio to SH	总生 长量 TG	为母本 的 % Ratio to FP	为水杉 的 % Ratio to SH
A ₂	中山杉 302	11	10.84	152.8	-	21.00	156.6	-	0.1502	369.7	-
	301	30	9.58	133.2	-	17.76**	132.4	-	0.0949	233.7	-
	落羽杉	16	7.19	100.0	-	13.41	100.0	-	0.0406	100.0	-
	中山杉 401	15	10.11	156.0	-	15.63**	194.2	-	0.0815	588.2	-
	池杉	12	6.48	100.0	-	8.05	100.0	-	0.0139	100.0	-
A ₁	中山杉 302	20	14.00	133.30	117.35	27.16	143.35	157.00	0.3244	273.6	300.0
	301	24	11.40	85.71	75.44	20.87**	110.07	121.80	0.1232	103.9	113.8
	落羽杉	29	11.50	100.00	96.40	18.96	100.00	119.00	0.1186	100.0	118.7
	水杉	21	11.93	-	100.00	15.93	-	100.00	0.0999	-	100.0
	中山杉 401	28	13.50	122.70	113.20	21.92**	148.00	137.60	0.2140	268.8	197.8
	池杉	15	11.00	100.00	92.20	14.81	100.00	93.00	0.0796	100.0	73.6

* 中山杉 301: *T. distichum* × *T. mucronatum*; 中山杉 302: *T. distichum* × *T. mucronatum*; 中山杉 401: *T. ascendens* × *T. mucronatum*; 池杉: *T. ascendens*; 落羽杉: *T. distichum*; 水杉: *Metasequoia glyptostrobooides*; SI: Surveyed individuals; TG: Total growth; VPI: Volume per individual; Ratio to FP: Ratio to female parents; Ratio to SH: Ratio to Shui-Hsa, Ratio to *M. glyptostrobooides*. ** 中山杉 302 与 401, 301 的对比, t 检验显著 Comparison between 302 and 401 or 301, t - test significant, $\alpha = 0.05$

2.3 水杉对立地条件的生长反应和评价

水杉是我国特有的乡土树种, 是我国东部平原地区推广面积最大的树种之一, 水杉对盐碱环境有一定适应能力。一般认为^[4]水杉在土壤含盐量 < 0.1% 的立地条件下, 造林成活率可达 90% 以上, 而在土壤含盐量 > 0.2% 的立地条件下, 则成活率在 50% 以下。水杉在盐碱地上的生长量与落羽杉接近, 由表 2、表 3 和表 4 可知, 在 C₂ 区 6 年生水杉的年均高、径、材积生长量分别为落羽杉的 106.3%、95.3% 和 100%, 材积与落羽杉接近; A₁ 区 10 年生水杉高、径、材积生长量分别为落羽杉的 71.4%、91.0% 和 62.2%, 材积小于落羽杉; A₁ 区 13 年生时则为 103.7%、84.0% 和 84.2%, 高生长加快, 材积趋与落羽杉接近。

2.4 中山杉 301、401 和 302 对立地条件的生长反应和评价

中山杉 401 是池杉与墨杉的杂交种, 外部形态与池杉较接近, 301 和 302 则是落羽杉与墨杉的杂交种, 外部形态前者与落羽杉相似, 后者与墨杉的半常绿性状相近, 但干形通直, 冠幅较小, 表型优于亲本。根据多年的试验^[3], 证实中山杉 301、302 和 401 在土壤含盐量 < 0.2% 的土壤上生长良好, 而在含盐量 > 0.2% 的 C₃ 区试验地上发现, 3 个杂种无性系在干旱返盐季节受害死亡率较高。土壤 pH 值高低对 3 个无性系的生长也有一定影响, 由表 4 可知, 3 个杂种无性系在 A₁ (pH 8.0) 的生长量均高于 A₂ (pH 8.5), t 检验表明, A₁ 和 A₂ 区 13 年生中山杉 302 的胸径生长量与中山杉 301 和 401 相比均有显著差异。从丰产林标准来衡量 302 的高、径、材积生长在 pH 8.0 的 A₁ 区, 10 年生(见表 3)已超过指标, 而 401 在 pH 8.0 的 A₁ 区 13 年生时也已接近指标, 随着树龄的增加, 完全有可能在近期内达到“三个 1”的标准, 参考顾永泉等^[5]对

宝应农园林场(立地条件接近 A_1) 池杉林的调查, 22 年生时池杉林每公顷立木蓄积为 12.065 m^3 , 材积生长量仍未达标, 说明中山杉 302 的达标年限要比池杉缩短一半以上, 而 401 的达标年限也只有池杉的一半左右, 证明中山杉杂种无性系在幼龄阶段具有良好的生长优势, 这为多世代早期选择育种提供了依据。

表 4 中 A_1 区所反映的各树种年均生长量大小顺序是:

树高: 中山杉 302 > 中山杉 401 > 水杉 > 落羽杉 > 中山杉 301 > 池杉

胸径: 中山杉 302 > 中山杉 401 > 中山杉 301 > 落羽杉 > 水杉 > 池杉

材积: 中山杉 302 > 中山杉 401 > 中山杉 301 > 落羽杉 > 水杉 > 池杉

3. 结 论

(1) 在同等盐碱环境条件下, 池杉的综合生长表现最差, 中山杉 301、落羽杉和水杉中等, 中山杉 302 和 401 优于其他树种, 尤以中山杉 302 表现最为突出, 在江苏中部的宝应地区, 13 年生平均胸径最高达 27.16 cm, 最优株为 30.9 cm, 年平均材积生长量为落羽杉或水杉的 2~6 倍, 为池杉的 4 倍, 中山杉 401 的 13 年生树平均胸径为 21.92 cm, 最优株 24.8 cm, 接近速生丰产树种标准, 达标年限比 302 约迟 3 年, 年平均材积生长量约为落羽杉和水杉的 1.8 倍, 为池杉的 2.7 倍。在江苏东部沿海的射阳和如东地区, 中山杉杂种无性系也表现出明显速生丰产性状, 在立地条件较好的如东刺槐更新海堤上, 8 年生中山杉 302 的胸径和材积分别为水杉的 1.9 倍和 2.5 倍, 401 为水杉的 1.2 倍和 1.5 倍。

(2) 林木的生长与立地条件有着密切的联系, 落羽杉属对环境条件的适应性比较广泛, 因此, 除了在苏北地区营造对比试验林之外, 应继续在苏南水网地区和低山丘陵地区补充多点造林试验, 以充分发挥中山杉杂种无性系在不同土壤类型上的生产潜力。

参 考 文 献

- 1 陈永辉, 王名金, 伍寿彭. 落羽杉属的引种和选育. 江苏林业科技, 1988, 15(2): 43~47, 49.
- 2 陈永辉, 伍寿彭, 王名金等. 中山杉 302 和 401 无性系在碱地上的生长和适应性的初步研究. 江苏林业科技, 1989, 16(3): 14~18.
- 3 陈永辉, 伍寿彭, 殷云龙等. 江苏滨海盐碱地中山杉造林推广试验. 江苏林业科技, 1996, 23(4): 18~22.
- 4 王永彪, 葛启发, 周小石. 苏北滨海盐土水杉栽培技术. 江苏林业科技, 1991, 18(2): 35~39.
- 5 顾永泉, 余文, 黄厚琦等. 池杉林分生长量定期调查与研究. 江苏林业科技, 1995, 22(1): 12~16

(责任编辑: 惠红)