

文章编号: 100F 1498(2004) 02 0139 08

桤木属植物的引种和早期适应性

陈益泰, 卓仁英, 吴天林

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 引进国外桤木属植物 11 种 54 个种源, 在浙江富阳进行育苗和适应性观察。绿桤木、欧洲绿桤木、裂叶桤木、毛赤杨和南美桤木共 5 种 20 个种源, 幼苗因不能越夏而全部死亡。其它 6 种桤木存活苗木表现不一。其中, 欧洲桤木表现最佳, 在夏季高温干旱气候下未见受害, 其 4 个优良种源 2 年生苗木高达 2.18~2.41 m, 与我国桤木相当。锯叶桤木生长正常, 无受害症状。灰桤木和齿叶桤木轻度受害, 但不同种源之间存在差异。红桤木和薄叶桤木苗木遭受严重高温干旱危害, 7、8 月发生叶枯、脱落、梢枯现象, 生长停止, 部分植株死亡。台湾桤木放叶最早、落叶最迟, 生长快速, 但易受冬季低温冻害。在桤木、赤杨、台湾桤木、欧洲桤木和齿叶桤木 5 个树种之间, 叶绿素 a、b 及总量和气孔导度存在显著差异, 净光合速率和光饱和点也有可见的差别。今后可以进一步挑选欧洲桤木、锯叶桤木和灰桤木优良种源扩大引种试验, 尤其欧洲桤木有望在长江中下游平原地区引种成功和推广应用。

关键词: 桤木属; 引种试验; 适应性; 幼年生长; 欧洲桤木

中图分类号: S722.7 文献标识码: A

桤木属(*Alnus* B. Ehrh.) 植物是典型的非豆科(Leguminosae)固 N 树种, 在森林生态系统的 N 素循环中具有特殊重要作用^[1]。营造桤木纯林和混交林能显著地增加森林土壤肥力。许多桤木种类生长快速, 用途广泛, 是适宜短周期经营的重要工业原料树种和能源树种。它们适应性广, 喜耐水湿, 因此又成为重要的防护林树种。目前, 国内对桤木属植物的研究逐渐增多^[2~7]。

长江中下游平原地区, 江河溪流纵横, 湖泊池塘星罗棋布, 土壤地下水水位较高, 水涝灾害频繁发生。在这一地区, 多用途耐水湿树种的选择是农田防护林网和城镇绿化建设的基础性环节。为了丰富该地区的耐水湿绿化树种资源, 并为系统开展桤木属植物的遗传改良准备育种材料, 开展了桤木属植物的引种试验。

1 材料和方法

1.1 引进树种及来源

1999 年秋从加拿大国家林木种子中心获得欧洲桤木(*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.)、锯叶桤木(*A. serrulata* (Ait.) Willd.)、红桤木(*A. rubra* Bong.)、欧洲绿桤木(*A. viridis* Regel)、绿桤木(*A. crispa* (Ait.) Pursh.)、裂叶桤木(*A. sinuata* (Reg.) Rydb.)、灰桤木(*A. incana* (L.) Moench)、

收稿日期: 2003 06 18

基金项目: 2000—2004 年浙江省科技厅重点课题“桤木属植物新品种选育及在退化地改造中的应用”部分内容

作者简介: 陈益泰(1942—), 男, 江苏江都人, 研究员。

齿叶桤木(*A. rugosa* (Du Roi) Spreng.)、薄叶桤木(*A. tenuifolia* Nutt.)、南美桤木(*A. jorullensis* Kunth.)、毛赤杨(*A. hirsuta* Turcz. var. *microphylla* Nakai)共11个种的54个种源,除毛赤杨来自日本外,其余均原产于美欧各国。此外国产树种有桤木(*A. cremastogyne* Burkill)、台湾桤木(*A. formosana* Makina)、赤杨(*A. japonica* (Thunb.) Steud.)、辽东桤木(*A. sibirica* Fisch. ex Turcz.)共4种5个种源。其中,6种外来桤木和4种国产桤木培育出苗木,其原产地具体地理位置列在表1。

表1 10种参试桤木原产地的地理位置

种名	种源编号/产地国	采种点	纬度/(°)N	经度/(°)	海拔/m	千粒质量/g
欧洲桤木	17 BEL	ZOERSEL 3	51.15	4.40 E	—	1.82
	19 FRA	JULIEN- EN- BORN	44.04	1.13 E	22	0.93
	34 FIN	VALKEAKOSKI	61.15	24.00 E	—	1.19
	48 BGR	VONESOTA VODA 3	42.50	25.40 E	400	1.40
	45 SWE	SEED ORCHARD	—	—	—	1.38
	58 FIN	KAJAANT PUROLA	—	—	—	1.11
	59 TUR	TURKEY	—	—	—	0.98
红桤木	13 CAN	PRINCE RUPERT	54.16	130.16 W	46	0.43
	23 CAN	SALMON RIVER	50.12	125.45 W	304	0.84
	27 CAN	HORNE LAKE	49.21	124.43 W	122	0.49
	32 CAN	CHARLOTE ISLANDS	53.35	132.25 W	150	—
	37 CAN	CASSIDY	49.03	123.56 W	107	0.56
齿叶桤木	1 CAN	SHEDIAC	46.14	64.36 W	15	0.67
	2 CAN	OTTAWA	45.20	76.30 W	75	0.62
	38 CAN	PETAWAWA	45.59	77.26 W	180	0.74
	39 CAN	SHINIMICAS	45.52	63.54 W	15	0.70
	40 USA	PENOBSCOT	45.00	69.00 W	40	0.62
	42 CAN	QUEEN' S COUNTY	45.57	65.45 W	15	0.86
	49 CAN	BERRY HILL POND	48.20	55.30 W	213	0.99
灰桤木	6 USA	PENNSYLVANIA	41.00	78.00 W	—	—
	35 CAN	CARNARVON	45.02	78.50 W	305	1.00
	36 CAN	LA RONGESK	54.48	105.17 W	381	0.58
	44 CAN	JUNCTION HWY	45.28	78.14 W	335	1.00
	47 EST	TARTU	58.24	26.43 E	50	0.92
薄叶桤木	8 CAN	DEASE LAKE	58.32	130.00 W	817	0.72
	12 CAN	EDSON	53.35	116.30 W	—	0.52
	20 CAN	ISKUT	57.53	130.00 W	1 033	0.71
	25 CAN	THREE VILLEY GAP	50.59	118.33 W	518	0.40
锯叶桤木	51 USA	TX- 1	31.5	93.8 W	—	—
赤杨	52 CHN	QINGDAO	35.39	139.17 E	210	3.09
辽东桤木	53 CHN	QINGDAO	36.42	123.38 E	175	0.52
台湾桤木	54 CHN	TATAJIA	24.09	120.40 E	40	0.73
桤木	55 CHN	SHIZHU	29.00	108.08 E	650	0.55
	56 CHN	DUJIANGYAN	30.59	103.57 E	700	0.41

注:尚有5种20个种源参试,均未获得苗木,为节省篇幅未列入表内。它们是:绿桤木9个种源,均产于加拿大,纬度47.38°~56.30°N,经度54.20°~117.10°W,海拔15~549m;裂叶桤木6个种源,均产于加拿大,纬度50.35°~54.27°N,经度117.20°~126.08°W,海拔607~1430m;欧洲绿桤木3个种源,均产自罗马尼亚,纬度45.19°~45.22°N,经度22.52°~25.33°W,海拔1450~1700m;南美桤木1个种源,来自哥伦比亚,产地纬度5.08°N,经度75.28°W;毛赤杨1个种源,来自日本,产地纬度39.46°N,经度141.08°E,海拔190m。此外,红桤木另有4个未获得苗木的参试种源亦未列入表内。

1.2 引种点气候条件及育苗方法

引种点浙江富阳的地理位置: 120°19' E, 30°12' N, 海拔 105 m, 地处亚热带季风湿润气候区。历年年平均气温 16.2 °C, 7 月平均气温 28.6 °C, 最高温度 37.5 °C; 历年 1 月平均气温 3.7 °C, 极端最低气温 -11 °C。历年平均降水量 1 421.2 mm, 降雨多集中于春夏之交的 5、6 月, 7、8 月雨量偏少。

2000 年 3 月底在本所苗圃进行播种育苗。采用塑料袋容器, 口径 10 cm, 高 25 cm。基质为经多年育苗的黄泥土、河沙、焦泥灰(体积比 7.5: 2: 0.5)和适量的 N、P、K 复合肥掺和而成。每个种源播种 30 袋, 每袋播种子 40~50 粒, 少许盖土, 再覆盖稻草。第二年春, 部分苗木进行移栽, 对留床苗木进行观测。2001 年, 采用穴盘容器进行重复播种育苗, 基质基本相同。

1.3 观测项目

播种当年观测出苗和保存情况、生长量、落叶期。

第 2 年对留床苗木观测展叶期, 夏季受害情况, 每种源取 10 株测定苗高生长节律。从 4 月开始至 11 月结束, 每个月底测量 1 次苗高。年底, 每种源取 15~20 株优势苗测定生长量。

在 7 月对桉木、欧洲桉木、齿叶桉木、赤杨、台湾桉木 5 个物种测定了光合特性有关指标。每树种选取 3 株生长正常的植株, 结合人工光源, 以 CF 310 便携式光合仪(CID Inc.) 测量不同光强条件下的光合速率, 做出光饱和曲线, 求出最大光饱和点。同时, 测量植株上、中、下不同叶位叶片的净光合速率和气孔导度。取 1 g 新鲜叶片置于 100 mL 丙酮溶液中 40 °C 暗中温育 8 h, 采取分光光度法^[8]测定不同叶位叶片中叶绿素 a、b 和总叶绿素的含量。

2 结果与分析

2.1 适应性观察

2.1.1 苗木保存情况 没有精确地观测场圃发芽率, 仅根据各种源播种后出苗数多少分为 A、B、C、D、E 5 个等级。在参试的 11 个国外树种中, 锯叶桉木、裂叶桉木、绿桉木出苗数量较多(多属 B、C 级), 其余树种出苗较少(D、E 级)。但从育苗当年年底苗木保存情况看, 只有 6 个外来树种共 26 个种源保存一定数量苗木(表 2)。其中, 欧洲桉木参试 7 个种源(出苗等级多为 D)和锯叶桉木 1 个种源全有苗木保存; 红桉木 9 个种源中(出苗多为 D、E 级), 有 4 个种源未获得苗木; 齿叶桉木 7 个种源(出苗多为 E 级)、灰桉木 5 个种源(出苗多为 E 级)和薄叶桉木 4 个种源(B、D 及 2 个 E 级)中, 各有 1 个种源未能得到苗木。另外, 欧洲绿桉木 3 个种源(出苗等级 B、C、D)、绿桉木 9 个种源(出苗等级多为 C、D)、裂叶桉木 6 个种源(出苗等级多为 B)共 3 种 18 个种源, 尽管出苗相当多, 但最终没有保存一株苗木。毛赤杨和南美桉木各有 1 个种源参试, 出苗少, 未有苗木存活。经观察, 绝大多数幼苗是在 7—8 月间死亡的。虽然在第二年再次进行播种, 仍未获得苗木。苗木存活情况虽然与培育管理水平有关, 但在相似管理条件下, 绿桉木、欧洲绿桉木和裂叶桉木大量幼苗的全部死亡, 说明这 3 个树种不能适应富阳夏季高温干旱气候条件。至于毛赤杨和南美桉木, 参试种源太少, 幼苗死亡可能存在偶然性, 尚不能确定两种植物的适应能力。

2.1.2 旱害和冻害 观察发现, 红桉木在育苗当年 7 月普遍发生叶缘干枯反卷的现象。第二年夏天 7 月间红桉木和薄叶桉木都发生叶枯、脱落、梢枯现象, 生长停止, 部分植株死亡, 旱害相当严重。齿叶桉木受害较轻。灰桉木的 6 号和 44 号种源生长正常, 另两个种源受到轻微的

高温干旱危害。欧洲桉木和锯叶桉木同国产桉木一样,生长旺盛,无受害迹象。台湾桉木由于生长停止期很迟(12月下旬),在2001年1月初,日气温由8℃突然降温至-1℃,最低气温-4℃,有40%植株发生冻害,枯梢达苗高的1/3~1/2。此前,1999年初的严寒(最低气温-7.6℃),使在浙江富阳和福建永安两地引种栽培的数千株台湾桉木苗木几乎全军覆灭。

表2 10种桉木苗木适应性和生长表现

种名	种源号	播种当年					第2年						
		出苗等级	保存株数	苗高/ cm	基径/ cm	落叶期	展叶期	高生长 高峰期	高生长 停止期	落叶期	苗高/ cm	基径/ cm	夏季受害 程度
欧洲桉木	17	D	27	32.1	0.79	12月下	3月下	5月	10月	11月	241	2.40	-
	19	E	10	15.8	0.47	12月下		6月	10月	11月	148	1.45	-
	34	D	24	23.6	0.68	12月中	3月下	5月	10月	11月	170	2.13	-
	45	D	18	19.9	0.56	12月中	3月下	6月	10月	11月	218	2.58	-
	48	D	15	20.4	0.59	12月中	3月中	5月	11月	11月	219	2.33	-
	58	D	20	20.1	0.55						194	2.21	-
	59	B	42	34.5	0.74						232	2.37	-
红桉木	13	D	18	11.3	0.30	12月下	3月中	5月	8月	9月	71	0.85	+
	23	D	16	14.8	0.47	12月下	3月中	5月	8月	9月	87	1.20	+
	27	D	15	14.6	0.37	12月下		5月	8月	9月	95	1.08	+
	32	C	28	19.7	0.42	12月下	3月中	5月	8月	9月	91	1.03	+++
	37	E	9	15.2	0.42	12月中		5月	8月	9月	71	0.81	++
齿叶桉木	1	E	20	11.5	0.29	12月中	3月中	6月	9月	10月	76	0.81	+
	2	E	20	11.2	0.35	12月中	3月中	6月	8月	9月	81	0.76	+
	38	E	6	18.7	0.44	12月中							
	39	E	15	13.6	0.39	12月中		5月	9月	10月	87	0.77	+
	40	E	12	12.4	0.38	12月下	3月中	5月	9月	10月	94	1.00	+
	42	E	23	10.8	0.26	12月中		6月	9月	10月	80	0.74	+
灰桉木	6	D	60	22.8	0.49	12月下	3月下	6月	10月	11月	111	0.93	-
	35	E	25	14.8	0.38	12月中	3月中	5月	8月	9月	75	0.61	+
	36	E	13	13.0	0.37	12月中		5月	9月	10月	82	0.81	+
	44	E	17	17.4	0.46	12月中	3月下	6月	10月	11月	117	0.95	-
薄叶桉木	12	B	42	12.2	0.41	12月中		5月	8月	9月	5	0.86	+
	20	D	13	10.0	0.26	12月中		5月	8月	9月	56	0.76	+++
	25	E	15	12.2	0.34	12月中	3月下	5月	8月	9月	61	0.75	+++
锯叶桉木	51	B	28	19.0	0.45						67	0.72	-
桉木	55	B	51	34.0	0.46	1月上	2月中	5、8月	11月	12月中	210	1.76	-
	56	A	59	52.3	0.56	1月上	2月下	5、8月	12月	12月中	254	2.30	-
台湾桉木	54	E	15	24.5	0.33	1月中	2月中	6、9月	12月	12月下	227	2.12	-
赤杨	52	E	17	9.1	0.27	12月中	3月中	6月	10月	11月	88	0.95	-
辽东桉木	53	D	16	13.0	0.38	12月中		6月	10月	11月	63	0.68	-

注:出苗等级:A. 幼苗特多,>500株;B. 苗多,300~500株;C. 苗数中等,200~300株;D. 苗少,100~200株;E. 特少,50~100株。

受害程度:- 无受害迹象;+ 部分植株叶枯,脱落;++ 部分植株叶枯,脱落,并出现梢枯;+++ 多数植株落叶,梢枯,部分植株死亡。

引种地富阳 2000 年 7 月平均气温 29.5°C , 比历年平均值高 0.9°C 。其中日气温高于 35°C 的天数达 19 d。降水量 71 mm, 比历年平均降水量减少 80.4 mm。2001 年 7 月平均气温为 29.0°C , 高于历年平均值 0.4°C , 其中日气温高于 35°C 的天数达 22 d。7 月降水量为 149 mm, 与历年平均降水量相近。由于高温少雨, 土壤蒸发量和植物蒸腾量过大, 导致土壤干旱。红桫欏木、薄叶桫欏木和齿叶桫欏木在 7—8 月间出现叶枯、落叶和停止生长的现象, 显然是不适应高温少雨环境的表现。

2.1.3 落叶期、展叶期和高生长节律 1 年生小苗, 薄叶桫欏木、赤杨、辽东桫欏木在 12 月中旬落叶; 欧洲桫欏木、齿叶桫欏木、灰桫欏木、红桫欏木在 12 月中下旬落叶, 不同种源间存在 10~15 d 的迟早差异。桫欏木、台湾桫欏木落叶期最晚, 于 1 月上中旬落叶。第 2 年, 除桫欏木、台湾桫欏木早在 2 月中、下旬就开始放叶以外, 其它树种都在 3 月中下旬放叶, 4 月上旬各树种均有一定高生长量, 红桫欏木和薄叶桫欏木在 5 月就达到生长高峰, 但 8 月就停止生长。欧洲桫欏木生长高峰期在 5、6 月间, 10 月基本停止生长, 落叶期在 11 月。齿叶桫欏木生长高峰期多在 6 月, 停止生长期多在 9 月, 落叶期多在 10 月。灰桫欏木种源间差异明显, 表现不一。赤杨和辽东桫欏木在 6 月出现生长高峰, 10 月停止, 11 月落叶。桫欏木和台湾桫欏木与以上树种的表现有很大差异, 它们的展叶期最早, 而且生长过程出现两个生长高峰, 到 11 月或 12 月才停止生长, 12 月中下旬落叶。开始生长早, 停止生长迟, 显示出南方树种的重要特性。相反, 其它树种则表现出北方温带、寒带树种的特性。

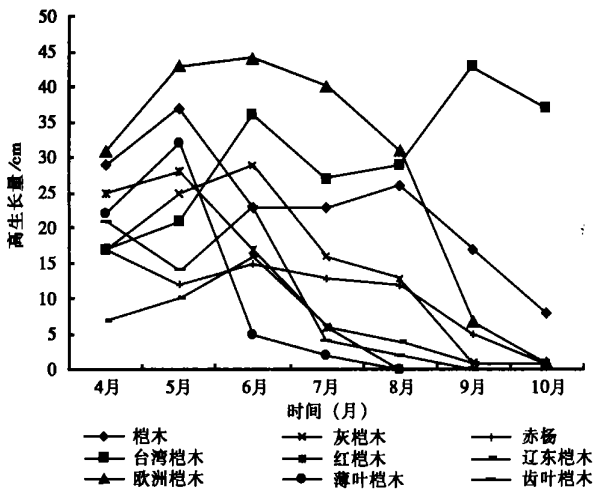


图 1 9 种桫欏木第 2 个生长季苗高生长节律

2.2 苗木生长量

从表 2 可见, 播种当年各种苗木生长普遍较差, 大多数苗高仅 10~20 cm, 这与播种较迟、土壤条件欠佳有关。但欧洲桫欏木、桫欏木和台湾桫欏木的幼苗当年生长相对较好。第 2 年各树种之间苗木生长差异悬殊, 同一树种不同种源之间也有较大差别。在 10 个树种中, 桫欏木、台湾桫欏木和外来树种欧洲桫欏木的生长最好, 欧洲桫欏木的 4 个优良种源(17、45、48、59 号) 2 年生苗高达 218~241 cm, 基径 2.3~2.6 cm, 这与桫欏木和台湾桫欏木的生长量相近, 超过其它几种桫欏木的生长量 2 倍多。灰桫欏木的 6 号和 44 号种源生长较好, 苗高和基径分别达 110 cm 和 0.93 cm 以上。

红桉木、齿叶桉木、薄叶桉木和赤杨、辽东桉木均生长较差。这里需要注意的是,灰桉木、齿叶桉木、薄叶桉木和锯叶桉木均属于灌木型或小乔木型树种。

2.3 光合特性

2.3.1 叶绿素含量、净光合速率和气孔导度(图2~4) 5种桉木物种间的叶绿素含量、气孔导度差异达到极显著水平,净光合速率也有一定差异,但未达到显著水平,可能因为测定误差较大所致。台湾桉木叶绿素a、b含量及总量最高,分别达 7.004 、 $7.234 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $14.238 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。净光合速率和气孔导度也是最高的,分别为 $940.26 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $8.325 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。赤杨的叶绿素含量和气孔导度最低,但净光合速率却与台湾桉木一样高。桉木的叶绿素含量和气孔导度较高,净光合速率却最低,仅为 $543.67 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。欧洲桉木和齿叶桉木的三项指标均属中庸。

2.3.2 光饱和点 测定5种桉木属植物的不同光强条件下的光合速率,作光饱和曲线。从图5中可以看出,赤杨具有极为明显的双峰型光饱和点曲线,其最大光饱和点分别在 $4\ 500$ 、 $10\ 000 \text{ lx}$ 左右,中间由于光强的抑制作用引起气孔关闭,暂时降低或停止光合作用,这被称为“午休”现象。齿叶桉木其光合曲线也具有双峰型结构,但不如赤杨明显,其最大光饱和点位于 $3\ 500$ 、 $7\ 000 \text{ lx}$,光合速率分别为 $1\ 000.3 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $1\ 529.6 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;其它3种植物(桉木、欧洲桉木、台湾桉木)的光饱和点分别位于 $5\ 000$ 、 $9\ 500$ 、 $6\ 500 \text{ lx}$,最大光饱和点的光合速率分别为桉木 $968.33 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,欧洲桉木 $1\ 242.35 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,台湾桉木 $1\ 324.1 \mu\text{mol}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。欧洲桉木和赤杨似乎对光强有较高的忍耐力。

3 结论和讨论

(1) 欧洲绿桉木、绿桉木、裂叶桉木3种桉木幼苗均不能在浙北气候条件下越冬生存。红桉木和薄叶桉木苗木在第2个生长季受到严重的夏季高温干旱危害,造成枯叶、落叶、过早地

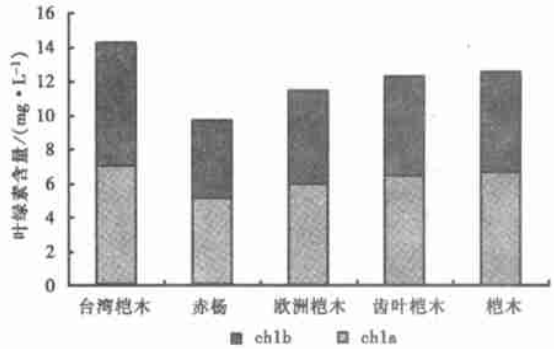


图2 5种桉木属植物叶绿素含量

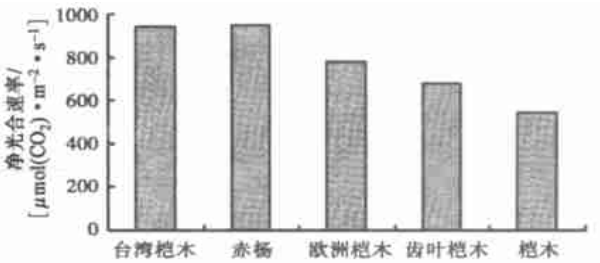


图3 5种桉木净光合速率

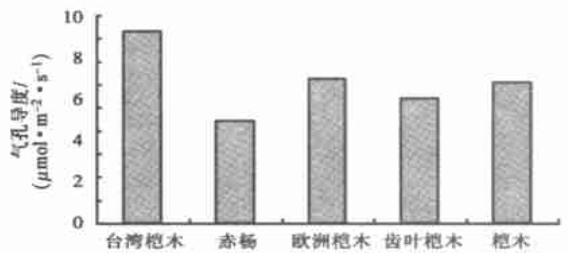


图4 5种桉木属植物气孔导度

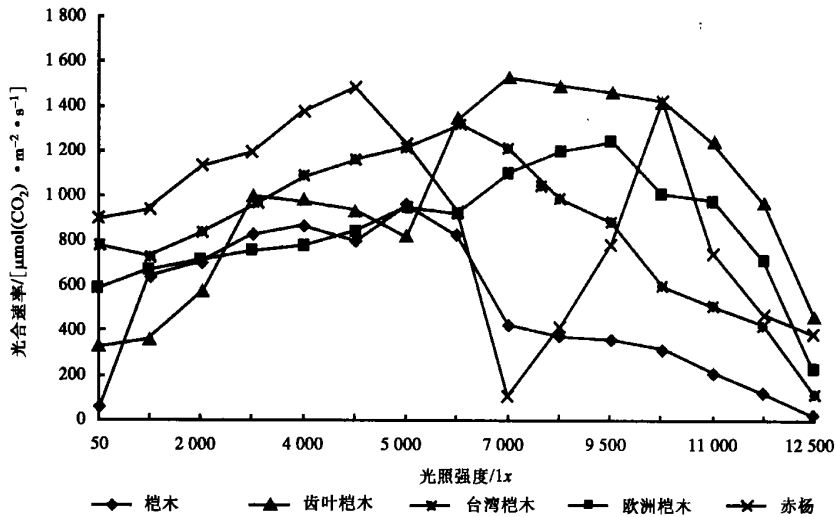


图 5 5 种桉木属植物光饱和曲线

停止生长甚至死亡, 齿叶桉木也表现出一定程度的受害状态。这些树种原产于 $45^{\circ} \sim 59^{\circ} \text{N}$ 的高纬度地区, 根据引种的气候相似理论和实践结果, 以上 6 个树种均不适宜在浙北引种。另外, 毛赤杨和南美桉木的幼苗死亡存在一定偶然性(参试种源少、出苗少), 尚需扩大种源数量才能确定这两种植物在江南地区的适应性。

(2) 灰桉木不同种源之间适应性差异较大, 原产地纬度偏北的种源受到一定程度的高温干旱危害, 偏南种源生长良好。锯叶桉木引自美国塔克萨斯州, 纬度 31.5°N 与浙北相近, 生长正常, 表现良好。这 2 个灌木型树种具有引种成功前景, 值得进一步观察研究。

(3) 欧洲桉木原产于欧美大陆, 多属高纬度温、寒带地区。该树种生长快, 用途广, 群体间变异丰富^[9], 不但耐水湿, 而且耐盐碱。据 Braun 等^[10] 试验, 在 42 种木本植物中, 欧洲桉木是 5 个高度抗盐树种之一。韩国曾引进来自 21 个国家的欧洲桉木开展种源试验, 在 53 个种源中, 7 个爱尔兰种源表现出好的生长和成活率, 而芬兰种源表现最差^[11]。1977 年中国科学院昆明植物所曾从匈牙利引进过欧洲桉木^[7]。这次在我国江南地区引种, 初期表现良好, 生长旺盛, 没有任何受害迹象。本次引进的 7 个种源来源于欧洲的土耳其、匈牙利、法国、比利时、芬兰、瑞典等国, 地跨北纬 $35^{\circ} \sim 61^{\circ}$ 之间。这些说明欧洲桉木同其它桉木属植物相比, 具有更加广泛的适应性。因此, 对于欧洲桉木有必要扩大引种优良种源, 进一步研究其生育习性, 探讨扩繁技术。它有可能成为长江中下游平原地区和沿海地区新的绿化树种、防护林树种和工业用材树种。

(4) 台湾桉木属南方树种, 在福建引种, 几乎全年不落叶。在四川引种, 表现出旺盛的生长优势^[6]。这次在浙北引种, 表现为生长快速, 生长期最长, 停止生长最迟, 容易遭受冻害, 在大寒之年, 许多苗木整株枯死。但其种内个体变异丰富, 已经发现一些未受冻害的单株。因此, 对于台湾桉木, 选择抗寒单株发展无性系, 或用抗寒优株建立种子园, 是今后努力的方向。

参考文献:

- [1] Gordon J C, Wheeler C T. 森林生态系统中的生物固氮[M]. 王沙生, 刘纪昌译. 北京: 中国林业出版社, 1999
- [2] 陈益泰, 李桂英, 王惠雄. 桉木自然分布区内表型变异的研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(4): 379~ 385
- [3] 王军辉, 顾万春, 李斌, 等. 桉木优良种源(群体)/家系的选择研究——生长的适应性和遗传稳定性分析[J]. 林业科学, 2000, 36(3): 59~ 66
- [4] 贺超英, 陈益泰. 桉木种源苗期生长和固氮能力的变异[J]. 林业科学研究, 2002, 15(6): 680~ 686
- [5] 封剑文, 关志山, 蔡宏明, 等. 闽北山地红壤施肥试验及桉木对其肥力的影响[J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(1): 67~ 70
- [6] 王金锡, 朱万泽. 台湾桉木生态生物学特性及引种推广前景[J]. 四川林业科技, 2000, 21(4): 16~ 19
- [7] 赵之伟, 赵云坚, 杜丽涛. 欧洲赤杨根瘤及其内生菌形态学研究[J]. 微生物学报, 1995, 22(1): 3~ 4
- [8] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990
- [9] DeWald L E, Steiner K C. Phenology, height increment, and cold tolerance of *Alnus glutinosa* populations in a common environment[J]. *Silvae Genetica*, 1986, 35(5—6): 205~ 211
- [10] Braun G, von A Schonbom, Weber E. Investigation on the relative resistance of woody plants to de icing salt(sodium chloride)[J]. *Allgemeine Forest und Jagdzeitung*, 1978, 149(2—3): 21~ 35
- [11] Han Y C, Ryu K O, Lee K Y, et al. Provenance test of 53 European alder(*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth)[J]. *Research Report of the Institute of Forest Genetics*, 1990, 26: 55~ 66

Introduction and Early Adaptability of Exotic Alders

CHEN Yi-tai, ZHUO Ren-ying, WU Tian-lin

(Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: Total 54 seedlets (sources) of 11 exotic alder species were tested on field experiment at Fuyang(120°19' N, 30°12' E), Zhejiang. All of the 3~ 4 month old seedlings of 20 seedlets of five species of *Alnus viridis*, *A. crispa*, *A. sinuata*, *A. hirsuta* and *A. jorullensis*, died in summer because of being unable to tolerate the higher temperature and arid weather. Other 6 species of foreign alders were able to survive and grow. Of them, European alder (*A. glutinosa*) displayed the best, no damage in summer was found, the average height of its 4 sources reached to 2.18~ 2.48 m for two year old seedling, the growth speed was equal to Sichuan alder (*A. cremastogyne*). The saw-leaf alder (*A. serrulata*) grew normally and had no damage too. But red alder (*A. rubra*) and three-leaf alder (*A. tenuifolia*) were seriously injured by high temperature and aridity in summer, leaves scorched and shedding, shoot dieback, even a few plants died in July to August. Gray alder (*A. incana*) and tooth leaf alder (*A. rugosa*) were lightly damaged in summer. In addition, Taiwan alder (*A. formosana*) had the longest growing time, it grew rapidly, however it was easy to receive the frost injury in northern Zhejiang. Significant differences for some physiological indexes were found among alder species. For European alder, saw-leaf alder and grey alder, the authors could select the fine seed sources to expand the experiment of introducing, European alder might be especially hopeful to be popularized in the plain area of middle and lower reaches of Yangtze River.

Key words: *Alnus*; introduction; adaptability; early growth; European alder