

文章编号: 1001-1498(2000) 03-0308-08

日本扁柏生物学及其引种研究

江泽平, 王豁然

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 日本扁柏是优良用材、荒山绿化和园林观赏树种, 世界各国广为引种栽培, 已成为我国长江中下游地区中、高山地带的重要造林树种。对其地理分布、生物生态学特性、栽培技术等进行了研究总结。结果表明, 日本扁柏是一个喜温暖湿润的浅根性树种, 生长快, 适应性强, 繁殖容易, 病虫害少。适合中性至微酸性土壤, 能耐-25℃低温。较喜光, 幼时稍耐庇荫。春季日均温大于10℃时开始萌动, 超过15℃时开始生长; 生长具明显的坡向和坡位效应; 树高速生期为10~20 a, $> 50 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$; 胸径速生期20~30 a, $> 0.6 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$; 材积速生期30~40 a。可进行种子或扦插繁殖, 结实有丰歉年, 种子发芽率30%~40%。造林密度为2500~4500株· hm^{-2} , 以不超过3000株· hm^{-2} 为好。目前我国引种栽培日本扁柏的主要问题是: (1) 遗传基础狭窄, 需引进更多的种源和家系; (2) 大多为纯林, 易导致地力衰退。

关键词: 日本扁柏; 生物学; 生态学; 引种

中图分类号: S791.420.1 文献标识码: A

日本扁柏(*Chamaecyparis obtusa* Endl.) 是柏科(Cupressaceae)常绿乔木, 高达45 m, 胸径达1.2 m。其生长快, 干形通直圆满, 木材为高级用材, 价格在日本是日本柳杉(*Cryptomeria japonica* D. Don)的两倍多。日本扁柏树形优美, 叶色浓绿, 且对SO₂有较强的抗性, 为优良的园林绿化和庭园观赏树种, 已有数百年的栽培历史。

1 地理分布和各国的引种

日本扁柏原产日本, 天然分布区南界为鹿儿岛县(30°15' N), 北界福岛县(37°10' N)。集中分布于长野县木曾, 岐阜县飞禅高原, 静冈县千头和水洼, 纪伊半岛的大峰和大台原山, 高知县脊梁山脉等地区, 天然林大多生长在山脊两边。其中以木曾分布最为广泛, 生长旺盛, 成熟林的蓄积达600 m³· hm^{-2} 。人工林已发展到本州北部和北海道南部地区。垂直分布在北部地区为海拔200~800 m, 中部地区10~2200 m, 南部地区250~1800 m。

欧美国家如英、法、德、意、荷、美及新西兰等自1860年开始引种, 主要作观赏树, 现世界各国广泛引种栽培。我国大陆于20年代引入江西庐山植物园, 70年代开始推广, 现已成为湘、鄂、皖、苏、浙、鲁、豫等长江中下游10多个省中、高山地带的主要造林树种, 人工林面积估计已达1万多 hm^2 , 以浙江、江西、安徽等省造林面积较大。台湾于1896年开始引种, 现全岛各地皆有零星栽培, 但生长不如原产地及大陆旺盛。庐山黄龙寺的15 hm^2 日本扁柏林是我国栽培历史最长、生长最好的林分。

收稿日期: 1999-12-28

基金项目: “八五”国家攻关专题“国内外重要工业用材树种引种驯化研究”的部分内容

作者简介: 江泽平(1966-), 男, 湖南城步人, 副研究员, 博士。

日本扁柏有几十个栽培品种,以矮型为多。普遍栽培的优良类型如下:白斑日本扁柏(新拟)(*C. obtusa* cv. 'Argentea'),叶绿白色相间。云片柏(*C. o.* cv. 'Breviramea'),枝排列如层云状,叶墨绿色,下面无白粉;我国有引种。洒金云片柏(*C. o.* cv. 'Breviramea Aurea'),枝排列如层云状,间有金黄色枝叶;华东有引种。蓝日本扁柏(拟)(*C. o.* cv. 'Caespitosa'),矮形,扁平,叶明显蓝绿色。塔形日本扁柏(*C. o.* cv. 'Crippsii'),枝扇形,叶金黄色;庐山有栽培。凤尾柏(*C. o.* cv. 'Filicoides'),枝排列如凤尾蕨状,我国有引种。卡柏(*C. o.* cv. 'Minima'),低矮灌木,枝桠丛生,绿色,球状;庐山有引种。矮黄日本扁柏(*C. o.* cv. 'Nana Aurea'),矮形,高2 m,初时近球形,老时宽锥形,小枝和叶金黄色或淡黄色。绿球扁柏(拟)(*C. o.* cv. 'Nana Gracilis'),矮形,初时近球形,老时宽锥形。矮日本扁柏(拟)(*C. o.* cv. 'Pygmaea'),矮形,扁形。扭枝日本扁柏(拟)(*C. o.* cv. 'Spiralis'),矮形,枝扭曲。孔雀柏(*C. o.* cv. 'Tetragona'),矮形,枝排列似鸡冠状;我国有引种。

2 生物学和生态学

2.1 气候和引种区划

日本扁柏天然分布区的年均温度13~17℃,最北端平均最低温-5.1℃,最高处平均最低温-16.7℃,最南端平均最高温29.9℃;年降水量1 000~3 000 mm,多为台风雨和梅雨,冬季较少;生长期要求一定的降水量,7~8月间的降水量应在200 mm以上。天然林分布较多的地区,气温因子(F/L)2.0~7.0,雨量因子(P/L)3.0~15.0。其中F为气温>15℃有效积温,L为生长期(d),P为生长期总降水量(mm)。

日本的大陆性气候远较我国为弱,与我国东部平原相比,冬季0℃等温线偏北4个纬度左右,夏季25℃等温线要偏南1~2个纬度。总体看,金泽(36°N)以南地区的气候与我国长江中、下游至南岭以北之间的类似。

根据原产地气候特征,考虑到各国的引种表现,引种日本扁柏的气候区划指标为:

表1 日本扁柏的气候区划指标

| 产 区 | 1月均温/ 10 | 积温/ 10 | 生长期/ d | 年降水/ mm | 7~8月降水/ mm | 温度年较差/ 10 | 年均温/ 10 |
|------|-------------|-------------|-----------|-------------|---------------|--------------|------------|
| 中心产区 | 3~6 | 4 500~5 200 | 230~270 | 1 300~2 700 | 300~500 | 21~24 | 13~16 |
| 适生地区 | -4~7 | 3 000~5 500 | 180~300 | 1 000~3 000 | 200~700 | 20~27 | 9~17 |

根据表1的指标,我国引种日本扁柏的气候区划结果为:

最适宜区:四川盆地—贵州高原以东、南岭以北的长江流域及以南的中亚热带地区,包括苏南、浙、闽北、赣、皖南、湘、鄂、川东、黔等地,适宜于中、低山。

适宜区:北部为秦岭—淮河一线以南的北亚热带地区,包括苏北、皖北、河南、秦巴山区,适宜低山丘陵。南部为南岭以南和云贵高原西部地区,适宜中、高山。

2.2 土壤和光照

日本扁柏适应性强,对土壤条件要求不严,能耐中性和微酸性土(pH 5~7.2)。耐干旱瘠薄,但在土层深厚、肥沃湿润、排水良好的地方生长更好^[1]。在石灰岩发育而成的钙质土上也生长良好。较喜光,幼时稍耐荫,20%~50% RLI(相对光照强度)最有利于人工林内的幼苗生长。需光度60%~70%,随树龄增大而增加。

2.3 抗逆性

日本扁柏具有适应性广,生长快,抗性强,繁殖容易,病虫害少等优良特性。在我国的引种栽培区一般生长良好,至今尚未发现成灾的病虫害。在长江中下游的中、高山或低山区,尤其在降水量大、湿度大、热量足的地方生长最好。江西、湖南、浙江、山东的多点试验表明,可耐-17~-23℃低温,抗风力比柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk)强,抗冰挂雪压能力优于柳杉、黄山松(*Pinus taiwanensis* Hayata)和杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)^[2-7]。另据日本近年来的研究资料,其抗冻力随晚秋气温的下降而迅速增加,冬季达最大,约-25℃;随3月气温增高抗冻力降低。

在浙江丘陵山地,尤其是风大、寒冷的孤峰高山地区表现出很强的抗逆性。有些边远山区其它树种造林多次失败,而引种日本扁柏一次成功,不仅保存率高,而且生长茂盛,甚至超过乡土速生树种,如宁波、舟山、宁海等地^[4]。1982年1月,景宁县草鱼塘许多人工林因大雪断梢严重[黄山松78%,柳杉、兰果树(*Nyssa sinensis* Oliv.)40%,金钱松(*Pseudolaris amabilis* Rehd.)35%],而日本扁柏安然无事。宁海县茶山主峰先后大规模营造过黑松(*Pinus thunbergii* Parl.)、马尾松(*P. massoniana* Lamb.)、柳杉、麻栎(*Quercus acutissima* Carr.)、杉木等均未成功,1978年推广日本扁柏后,解决了400 hm²的荒山绿化问题,12年生时高5.3 m,胸径8.0 cm。

在湖南,新宁县万峰山海拔1400~1500 m的荒山曾多次营造马尾松、麻栎、杉木等失败,而1980年营造日本扁柏成功^[6]。虽然管理粗放,同时附近群众常在此放牛,幼林成活率和生长都受到一定影响,但生长仍旺盛,11年生时高4.0 m,胸径8.1 cm。

2.4 生长

日本扁柏为浅根性树种,无明显主根,侧根发达。80%以上根系集中分布在0~30 cm土层中。顶端优势明显,主干发达,极少分叉。在我国长江中、下游地区10~40年生林木的年均高生长为30~40 cm,年均径生长5~11 mm。

据原产地和江西庐山、浙江景宁和湖南新宁经验,在坡向上,以东南坡生长最好,而西南坡和北坡较差。其生长有明显的坡位效应,中下坡显著好于上坡。

在浙江的多点试验表明,日本扁柏生长迅速,超过黄山松、杉木、柳杉、北美香柏(*Thuja occidentalis* L.)、日本香柏(*T. standishii* Carr.)等树种。如在宁波四明山海拔800 m地带,22年生日本扁柏树高5.3 m,胸径9.2 cm,而同龄的杉木分别为4.9 m和9.3 cm,北美香柏为3.1 m和3.8 cm,柳杉为4.7 m和6.7 cm,日本香柏为4.2 m和5.6 cm;在西天目山海拔1180 m地带,14年生日本扁柏树高10.1 m,胸径13.8 cm,也超过同龄黄山松、杉木、北美香柏和日本香柏^[4]。

2.4.1 年内生长 春天当日均温达10℃时,日本扁柏树叶开始萌动,至15℃左右时生长开始。随着气温升高,生长日渐加快,胸径生长主要在5~8月(高峰期6~7月),高生长主要在6~10月(高峰期7~8月),秋季当温度降至10℃左右时生长停止^[1,2,5,6]。侧枝生长比顶枝早7~10 d。日本扁柏在我国的物候期见表2。在爱知县^[8],24年生日本扁柏人工林的夜间林分呼吸率为CO₂ 10.32 t·hm⁻²·a⁻¹或干物质6.34 t·hm⁻²·a⁻¹;林分年呼吸量占生物量的6.8%,与生物量年增量之比为1.75。其中树干呼吸占58%,枝15%,根27%。

2.4.2 年际生长 日本扁柏的树高生长在5 a内,约20 cm·a⁻¹;10~20 a为速生期,>50 cm·a⁻¹;然后逐渐下降,至40~50 a,约20~30 cm·a⁻¹。胸径生长一般在8~10 a进入速生

表2 日本扁柏在我国的物候期

| 地点 | 海拔/m | 芽开放 | 叶初展 | 花始开 | 花盛开 | 果熟 | 新梢始长 | 生长停止 |
|------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| 湖南新宁 | 320 | 3月中旬 | 4月上旬 | - | 4月中旬 | 11月上旬 | 3月下旬 | 11月中旬 |
| 江西庐山 | 1 000 | 4月中旬 | 5月上旬 | 4月上旬 | - | 10月下旬 | - | - |
| 浙江景宁 | 1 400 | 4月中旬 | 5月上旬 | 4月下旬 | 5月上旬 | 10月 | - | 11月中旬 |

期,持续 12 a 左右;第 20~30 a 约 $0.6 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$;第 40~50 a 约 $0.3 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$ 。材积生长在造林 20 a 后出现速生,30~40 a 为猛增期,一般到 40 a 后逐渐下降,50 年生时蓄积达 $500 \sim 620 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。在浙江和湖南,5 年生即进入树高速生期,达 $50 \sim 70 \text{ cm} \cdot \text{a}^{-1}$,第 8 a 进入胸径速生期。浙江 11 年生时高达 5.4 m,胸径达 9.0 cm;湖南 12 年生时高达 5.6 m,胸径达 11.0 cm。

林分中单株材积 $V(\text{m}^3)$ 与树高 $H(\text{m})$ 、胸径 $D(\text{cm})$ 的关系: $\lg V = a \cdot \lg(D^2H) - b$,其中 $a = 0.998 \sim 1.056$, $b = 4.4034 \sim 4.5825$ 。

据日本的研究^[1](见表 3),地位级(50 a 树高)划分标准为:上 > 18 m,中 > 14 m,下 < 14 m。

表3 日本扁柏生长过程

| 地点 | 项目 | 年龄/a | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | |
| 日本爱知县 | H/m | 3.5 | 6.6 | 9.7 | 12.2 | 13.8 | 15.2 | 16.4 | 17.5 | 18.4 | 19.4 | 20.3 | 21.2 | 22.0 | |
| | 地位级:上 | D/cm | 3.0 | 7.3 | 10.9 | 14.7 | 17.6 | 20.1 | 22.1 | 23.7 | 25.2 | 26.4 | 27.5 | 28.3 | 29.2 |
| | N/(株·hm ⁻²) | 4 500 | 3 630 | 2 410 | 1 655 | 1 327 | 1 120 | 990 | 908 | 840 | 790 | 754 | 726 | 700 | |
| 爱知县 | H/m | 2.2 | 5.0 | 7.5 | 9.4 | 10.8 | 11.9 | 12.8 | 13.6 | 14.2 | 14.9 | 15.4 | 16.0 | 16.5 | |
| | 地位级:中 | D/cm | 2.7 | 6.6 | 9.4 | 12.9 | 15.0 | 16.6 | 17.9 | 19.1 | 20.1 | 20.9 | 21.7 | 22.4 | 22.9 |
| | N/(株·hm ⁻²) | - | - | 2 735 | 1 940 | 1 600 | 1 410 | 1 286 | 1 184 | 1 104 | 1 050 | 1 000 | 961 | 930 | |
| 爱知县 | H/m | 1.3 | 3.1 | 5.0 | 6.7 | 8.1 | 9.1 | 9.9 | 10.6 | 11.1 | 11.6 | 12.0 | 12.4 | 12.8 | |
| | 地位级:下 | D/cm | 1.4 | 4.0 | 8.2 | 10.4 | 12.4 | 14.0 | 15.3 | 16.2 | 17.1 | 17.8 | 18.3 | 18.9 | 19.3 |
| | N/(株·hm ⁻²) | - | - | - | 2 625 | 2 075 | 1 773 | 1 580 | 1 465 | 1 378 | 1 305 | 1 260 | 1 206 | 1 173 | |
| 江西庐山 | H/m | 2.0 | - | 7.2 | - | 10.7 | - | 13.4 | - | 16.1 | - | - | - | - | |
| | 海拔: | D/cm | 1.8 | - | 8.3 | - | 14.5 | - | 18.2 | - | 21.3 | - | - | - | |
| | 1000 m | V/(dm ³ ·株 ⁻¹) | - | - | 19.0 | - | 31.0 | - | 183.0 | - | 307.0 | - | - | - | |

2.4.3 林分生物量 对于日本扁柏,我们得到各器官干质量(kg)的经验式如下:树干(W_S), $\lg W_S = 0.7849 \cdot \lg(D^2H) - 1.0630$;树枝(W_B), $\lg W_B = 0.8444 \cdot \lg(D^2H) - 2.1278$;树叶(W_L), $\lg W_L = 0.5144 \cdot \lg(D^2H) - 1.0581$;树根(W_R), $W_R = 0.406W_S$ 。上述各关系式的相关系数均大于 0.94。式中 D 为胸径(cm), H 为树高(m)。此外,单位质量叶面积为 $3.6 \sim 3.7 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

从表 4 可见,日本扁柏地上部分生物量 $100 \sim 230 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ (> 20 年生),树干占地上部分生物量的比率在 20 年生以前为 $0.665 \sim 0.793$,20 年生后 $0.762 \sim 0.840$;树枝占树干生物量之比为 $0.084 \sim 0.185$;树叶与树干生物量之比在 20 年生以前为 $0.148 \sim 0.381$,20 年生后 $0.072 \sim 0.161$;根与树干生物量之比为 $0.399 \sim 0.413$ 。年生产能力 $10 \sim 12 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$;其中树干占 $40\% \sim 60\%$,枝 $17\% \sim 27\%$,叶 $22\% \sim 32\%$;净光能利用率 $0.62\% \sim 0.64\%$ 。

表4 日本扁柏生物量(日本3个地点的资料引自文献[9~11])

| 地 点 | 林龄/ a | 树高/ m | 胸径/ cm | 密度/ (株·hm ⁻²) | 材积/ (m ³ ·hm ⁻²) | 生物量/(t·hm ⁻²) | | | | | 净光能利 用率/% | |
|------|----------|----------|-----------|------------------------------|--|---------------------------|------|------|------|-------|--------------|------|
| | | | | | | 树干 | 枝 | 叶 | 果 | 地上合计 | | 根 |
| 江西庐山 | 53 | 15.2 | 20.7 | 1 975 | 527 | 165.3 | 23.6 | 15.7 | - | 204.6 | 67.1 | - |
| 江西庐山 | 53 | 16.9 | 22.3 | 1 800 | 603 | 183.6 | 26.6 | 16.3 | - | 226.5 | 74.5 | - |
| 江西庐山 | 53 | 20.4 | 24.3 | 625 | 308 | 84.4 | 12.4 | 6.8 | - | 103.6 | 34.3 | - |
| 浙江宁波 | 13 | 5.8 | 10.4 | 2 910 | 70 | 41.9 | 5.2 | 7.3 | - | 54.4 | 17.0 | - |
| 浙江宁波 | 17 | 7.8 | 13.9 | 2 430 | 143 | 65.9 | 8.8 | 9.2 | - | 83.9 | 26.8 | - |
| 湖南新宁 | 10 | 4.0 | 8.1 | 2 500 | 24 | 17.2 | 2.1 | 3.9 | - | 23.2 | 7.0 | - |
| 湖南新宁 | 11 | 5.6 | 7.2 | 2 500 | 27 | 18.5 | 2.3 | 4.2 | - | 25.0 | 7.5 | - |
| 湖南新宁 | 13 | 6.6 | 12.4 | 1 250 | 49 | 24.7 | 3.2 | 3.8 | - | 31.7 | 10.0 | - |
| 京都三重 | 14 | 7.3 | 6.9 | 6 670 | 76 | 42.3 | 7.8 | 11.2 | - | 61.3 | - | - |
| 名古屋 | 18 | - | 6.3 | 7 620 | - | 37.3 | 6.1 | 14.2 | - | 57.5 | 15.4 | 0.62 |
| 九州福冈 | 21 | 10.8 | 14.7 | 2 000 | 208 | 94.7 | 14.5 | 15.2 | 0.24 | 124.3 | 37.8 | 0.64 |
| 京都三重 | 49 | 19.8 | 21.1 | 1 450 | 422 | 120.0 | 14.1 | 8.6 | 0.13 | 142.8 | - | - |

2.5 种子生产

日本扁柏的花期4月下旬至5月上旬,果熟期当年10~11月。

在庐山,日本扁柏一般15年生左右开始结果,25年生进入盛果期;湖南新宁栽后8年生开始结果;浙江栽后8~9a开始有少量结实。结实量与光照条件有关,受光充足的结果最多,阴坡林内的植株结果较少。在原产地,20~25年生时开始结实,但当地认为30年生以下母树的种子不宜采用;有丰歉年之分,周期约2~3a,丰年种子品质好。

据日本的调查资料,35年生母树自冠顶以下2~4m处种子的品质好,而80年生母树其冠下部种子的品质高。55~60年生人工林的雄花年生产量11.4~163.3kg·hm⁻²;每花粉囊含花粉粒2495~4675粒,每雄花的平均花粉粒数为198200粒;球花生长发育的最佳昼、夜温度为20、15。

3 遗传学

原产地把日本扁柏划分为3种基本类型:①粗枝型(高野型,早生品种):枝粗而长,上举;冠阔,树干尖削度大,节多;枝密生,枝间距短;成熟期较早,结实量较多;心材淡红色;根较粗,九州南部温暖肥沃地区有根肥病,关东以北寒冷地区有漏脂病;年轮不均匀。②细枝型(京都型,晚生品种):枝细而短,平展;冠窄,树干圆满,节少;枝疏生,枝间距长;成熟期较晚;心材黄色,材质好;根正常,对根肥病、漏脂病抗性强;年轮较均匀。③中间型:特征介于上述两种类型之间。

日本扁柏可与日本花柏(*Chamaecyparis pisifera* Endl.)杂交。

据日本的同功酶分析,天然种群中的种群间遗传多样性占10%,而种群内占90%。可划分为两大类型:九州—四国类群和本州类群。此外,在11个人工林(66~82年生)中,有10个林分的遗传组成极为相似。因此,天然林是遗传变异的重要资源。但在静冈县天然林种群间的遗传差异很小。

据日本Oji林木改良所1984年研究,10年生时24个种源(5个试点)在树高生长方面无显著差异,但种源间胸径生长差异极为显著;此外,不同立地间树高和胸径生长均有显著差异。

据鸟取大学 1986 年研究, 在贫瘠土壤上, 35 个家系的苗木生长与种子质量和子叶长度密切相关, 家系间变异大, 家系间位次依年龄而变化。

日本扁柏以二倍体为主。据研究, 日本 8 个县 13 株精英树中, 二倍体 $2n = 22$ 植株占 84.6%, 三倍体植株占 15.4%, 此外, 还有 $2n = 32, 33, 34, 35$ 的植株^[12]。

在种源试验和优树选择的基础上, 日本在三大林木育种区均建有数个遗传基础丰富的日本扁柏种子园, 以生产造林所需的种子。而我国造林所用的种苗, 主要来自江西庐山 20 世纪 30 年代引进商品种子建立的林分, 遗传基础狭窄, 很少进行过遗传改良。

4 木材性质

根据在浙江的测定结果, 日本扁柏木材与柏木(*Cupressus funebris* Endl.) 接近, 优于黄山松和杉木。木材含纤维素 57.53%, 也可作造纸原料。21 年生材的气干密度 $0.5618 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 高于黄山松、短叶松(*Pinus echinata* Mill.)、柏木、杉木; 体积干缩率和干缩系数分别为 5.732% 和 0.3714%, 接近松类, 低于柏木、杉木; 顺压强度和抗弯强度分别为 $31.56 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ 、 $66.31 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$, 均小于柏木而高于松、杉; 冲击韧性 $3.61 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2}$, 接近松类, 低于柏木。

5 栽培及管理

日本扁柏可用种子或扦插繁殖。育苗技术同杉木。在日本造林一般采用实生苗。我国则因种子供求关系, 不少地方也采用无性繁殖苗造林。

5.1 播种育苗

5.1.1 采种 可在 10 月 20 日前后采种, 自然风干球果, 脱粒水洗。浸泡 12 h, 种子干藏。球果出籽率约 15.6%, 种子千粒质量 1.8~2.4 g; 丰年种子品质好, 发芽率约 30%~40%, 平年约 20%, 歉收年约 10%~15%。阴干种子(含水率 6%~8%)密封, 5℃以下低温可储藏 2 a 以上, 常温下只能储藏 1 a。

5.1.2 育苗 种子发芽最适宜温度: 新鲜种子 26℃左右, 储藏种子 20℃左右。依气候状况在 3 月中下旬至 4 月上中旬播种。播种量 $225 \sim 375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。1 年生苗高 10~15 cm 时, 需移植或留床。第 1 次移床每 m^2 保存 64 株, 第 2 次移床保存 36 株。2 年生苗高 30~35 cm, 地径 3~4 mm 时即可出圃造林。在日本一般 4 a 出圃造林。

5.2 扦插繁殖

日本扁柏属愈合型生根。春季(3~4月)从 10 年生以下的幼树上剪取 1~2 年生侧枝, 插条长 20~25 cm, 2/3 穗条插入土中。40~50 d 后生根, 一般成活率在 85% 以上。扦插苗株行距 $5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$, 产苗 $30 \sim 55 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$ 。2 年生苗高 30~40 cm, 地径 4~5 mm 时可出圃造林。另据日本福冈林业试验场 1987 年研究, 插条长 10~15 cm, 来自 9~12 年生树的插条不仅生根容易, 而且生长快。

5.3 造林及管理

5.3.1 造林季节 春季造林应在 4 月前后完成, 冬季造林亦可。以 2 年生苗造林为好。

5.3.2 造林密度 株行距 1.5 m~2 m, 即每公顷 2 500~4 500 株。以 3 000 株以下为好。

5.3.3 抚育间伐 造林 3 a 后开始抚育, 6~7 a 郁闭后可停止抚育。10 年生左右可进行抚育间伐, 间伐强度约为 25%。18 年生左右可进行第 2 次间伐。参见表 5。

表5 日本扁柏每公顷适宜的株数^[1]株·hm⁻²

| 年龄/a | 地位级:上 | | | 地位级:中 | | | 地位级:下 | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 密 | 中 | 疏 | 密 | 中 | 疏 | 密 | 中 | 疏 |
| 15 | 3 400 | 2 700 | 2 200 | 4 100 | 3 300 | 2 700 | 5 000 | 4 000 | 3 200 |
| 20 | 3 400 | 1 800 | 1 300 | 2 800 | 2 200 | 1 700 | 3 600 | 2 800 | 2 200 |
| 25 | 1 800 | 1 200 | 800 | 2 000 | 1 500 | 1 150 | 2 600 | 2 000 | 1 500 |
| 30 | 1 300 | 900 | 650 | 1 500 | 1 150 | 850 | 1 900 | 1 500 | 1 250 |
| 35 | 1 100 | 800 | 550 | 1 150 | 1 000 | 750 | 1 600 | 1 300 | 1 000 |
| 40 | 950 | 700 | 500 | 1 000 | 900 | 650 | 1 400 | 1 150 | 900 |
| 50 | 800 | 600 | 400 | 950 | 750 | 550 | 1 200 | 1 000 | 800 |
| 60 | 750 | 550 | 350 | 900 | 700 | 500 | 1 100 | 900 | 700 |
| 80 | 700 | 500 | 300 | 850 | 650 | 450 | 1 050 | 850 | 650 |
| 100 | 650 | 450 | 250 | 800 | 600 | 400 | 1 000 | 800 | 600 |

据对静冈县 15~21 年生人工林(密度 3 800~4 000 株·hm⁻²) 研究^[13], 修剪使林分胸径及树高生长降低, 但施肥促进生长。疏伐(23%) 对高生长不重要。疏伐+ 施肥(N 肥 100 kg·hm⁻²) 使材积生长增长约 43%, 但修剪会使其降低 10%。3 种处理中只有施肥加剧林木间的分化。施肥+ 修剪降低了树干尖削度。3 种措施的结合在使林分整齐、林木无节、木材尖削度小且不降低单株生长量和单位面积树干生长量等方面最有效。

5.3.4 生长阶段与经营期 1~5 年生为幼苗阶段, 5~20 年生为幼林阶段(其中 10~20 年生竞争加剧), 20~50 年生为壮龄阶段, 50~100 年生为成熟阶段, 100 年生以上为过熟阶段。在日本的木曾南部地区, 日本扁柏轮伐期 120 a, 胸径 30~40 cm, 树高 20~25 m, 枝下高 7~8 m。

5.4 病虫害

在我国尚未发现严重的病虫害。在原产地, 日本扁柏病害有立枯病、漏脂病、青枯病和木材心腐病等, 病原有盘色串孢菌(*Seiridium uniceorne*)、小盘菌(*Pezicula livida*)、*Serea* spp. 等; 70% 的商品林受昆虫柳杉天牛(*Semanotus japonicus* (Lacord.))、*Araglyptus subfasciatus* 及小卷蛾(*Epinotia granitalis*) 危害; 种子害虫主要是柳杉大痣小蜂(*Megastigmus cryptomeriae* Yano) 和扁柏大痣小蜂(*M. chamaecyparis*)。

6 小结和讨论

我国引种推广的日本扁柏, 其种苗都来自庐山植物园, 因而遗传基础狭窄。应开展种源试验, 大量引进优良家系或无性系。

营造水源涵养林时应当采用混交林的形式。因为日本扁柏纯林的郁闭度大, 致使林内几乎不长下木、地被物, 落叶既难分解又易被雨水冲走。同时, 其表土层根量较少, 干物质质量只有日本柳杉的 1/3~1/4。因此, 营造纯林易导致地力衰退, 造成生境恶化。日本扁柏可与马褂木(*Liriodendron chinensis* Sarg.)、含笑(*Michelia figo* Spreng.)、厚朴(*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils.)、柳杉、杉木、黄山松、马尾松等混交。

除利用木材外, 还应开发树叶的综合利用, 如提取芳香油、香精等。

参考文献:

- [1] 坂口胜美. 实用ヒノキ育林学[M]. 东京: 株式会社, 1952. 339.
- [2] 徐正法. 日本扁柏生物学及其造林技术研究[J]. 江西林业科技, 1988, (3): 22~23.
- [3] 潘志刚, 游应天. 中国主要外来树种引种栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 206~212.
- [4] 方胜, 洪昌端. 日本扁柏引种推广技术研究[J]. 浙江林业科技, 1993, 13(6): 1~5.
- [5] 王志清. 四种日本柏树在浙江引种造林的效果与评价[J]. 植物引种驯化集刊, 1995, (10): 73~81.
- [6] 罗仲春. 日本扁柏造林应用技术研究[J]. 湖南林业科技, 1992, 19(1): 24~28.
- [7] 李华. 日本扁柏引种驯化研究[J]. 林业科技通讯, 1984, (5): 6~8.
- [8] Ninomiya I, Hozumi K. Respiration of forest trees () [J]. 日林志, 1983, 65: 273~281.
- [9] 吴增志. 关于日本扁柏人工林光能利用效益的研究() [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1989, 13(3): 208~218.
- [10] Saito H, Furuno T. Dry matter production in *Chamaecyparis obtusa* plantation in Owasa, Mie Prefecture and in Kankitayama, Nara Prefecture [J]. 日林志, 1982, 64: 209~219.
- [11] Hagihara A, Hozumi K. Studies on the primary production in a *Chamaecyparis obtusa* plantation [J]. 日林志, 1983, 65: 357~365.
- [12] 佐木义则. 日本柳杉、日本扁柏细胞遗传学研究[J]. 林木育种, 1994, (172): 4~10.
- [13] Ito M. Effects of thinning and fertilization on pruned stands of *Chamaecyparis obtusa* [J]. 日林志, 1986, 68(11): 439~446.

Japanese Cedar (*Chamaecyparis obtusa*) Grown in China

JIANG Ze-ping, WANG Huo-tan

(The Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: *Chamaecyparis obtusa* Endl., introduced from Japan, has become one of the important tree species for plantations in subtropical zones in China. In this paper, the geographical distribution, biology, ecology, genetics, and silvics were studied and reviewed for the species. The results showed that: (1) it is a fast-growing tree with shallow roots, the annual increment is 50 cm for tree height and 0.6 cm for DBH; (2) it can be planted in a variety of ecozones, but best planted in warm and humid sites although it can tolerate a minimum air temperature of -25°C , with soil pH 5.0~7.2; (3) the slope and altitude have significant influence on its growth rate; (4) it releases dormancy and begins to grow in Spring when the air temperature reaches 10°C and 15°C respectively; (5) it can be propagated by seeds or by cuttings, the germination percentage is 30%~40%; (6) the initial planting space is from 1.5 m \times 1.5 m to 2.0 m \times 2.0m, but less than 3 000 trees per hectare is preferred. Finally, it is pointed out that for Japanese cedar in China, the major problems are the narrow genetic base for plantations, and only pure stands have been established, which is apt to lead to site decline.

Key words: *Chamaecyparis obtusa*; biology; ecology; introduction