

전나무 秀型木의 風媒次代에 대한 生長과 材質特性的 遺傳力¹ 安珍權² · 李胃燦² · 趙東光² · 孫斗植³

Heritabilities of Growth and Wood Quality Characters in Open-pollinated Progenies of *Abies holophylla* Max.¹

Jin Kwon Ahn², Wi Young Lee², Dong Gwang Jo² and Doo Sik Son³

要 約

전나무 秀型木 風媒次代 16年生 38家系에 대한 樹高와 胸高直徑의 生長特性和 木材比重, 假導管의 길이 및 폭에 대한 材質特性 및 遺傳力은 다음과 같다.

- 1) 生長 및 材質特性에 있어서 가장 優秀한 家系는 樹高에서 全北 4號(498.2cm) 및 京畿 9號(485.7cm), 胸高直徑에서 京畿 12號(9.2cm), 9號(9.1cm), 比重에서 慶北 2號(0.480) 및 江原 7號(0.473), 假導管長에서 京畿 9號(2.77mm) 및 江原 11號(2.71mm), 가도관폭에서 京畿 9號(0.039mm) 및 江原 11, 12號 · 京畿 7號(0.036mm)로 各各 나타났다.
- 2) 樹高 및 木材比重은 家系間에 1%~5% 水準의 有意差가 認定되었다.
- 3) 各 特性間의 相關分析에서 木材比重은 樹高, 胸高直徑, 假導管의 길이 및 폭과 1% 水準의 負의 有意相關을 나타냈다($r = -0.242^{**} \sim -0.635^{**}$).
- 4) 各 特性別 遺傳力은 樹高는 0.55, 胸高直徑은 0.25, 木材比重은 0.44, 假導管幅은 0.24로 推定되었다.

ABSTRACT

Growth and wood quality characters such as height, DBH, specific gravity, tracheid length and width were measured for 16-year-old open-pollinated progenies of 38 selected plus trees of *Abies holophylla* Max.

The results were as follows :

- 1) The superior families in growth and wood quality characters were Chonbuk 4(498.2cm) and Kyonggi 9(485.7cm) for height, Kyonggi 12(9.2cm) and 9(9.1cm) for DBH, Kyongbuk 2(0.480) and Kangwon 7(0.473) for specific gravity, Kyonggi 9(2.77mm) and Kangwon 11(2.71mm) for tracheid length and Kyonggi 9(0.039mm), Kangwon 11, 12 and Kyonggi 7(0.036mm) for tracheid width, respectively.
- 2) There were significant differences among the families in height and specific gravity at 1% and 5% level.
- 3) There were high significant negative correlations between specific gravity and other characters such as height, DBH, tracheid length and width at 1% level ($r = -0.242^{**} \sim -0.635^{**}$).
- 4) The heritabilities were 0.55 for height, 0.25 for DBH, 0.44 for specific gravity, and 0.24 for tracheid width.

Key words : Open-pollinated progeny, *Abies holophylla*, Plus tree, Growth and wood quality Heritability.

¹ 接受 1994年 6月 8日 Received on June 8, 1994.

² 林木育種研究所 Forest Genetics Research Institute, Suwon, Korea.

³ 慶北大學校 農科大學 林學科 Dept. of Forestry, Kyungpook Nat'l Univ., Taegu, Korea

緒 言

전나무는 우리나라의 北部地方에 많이 자생하고 南部 및 中部地方에서는 주로 海拔 1000~1400m의 高山地帶에 分布하고 있으며 樹幹이 곧고 材質이 優秀함으로 造林樹種으로서 價値가 있다. 그러나 전나무는 長期樹로서 速成樹나 소나무類보다 10年生 程度까지의 初期生長이 느리고 高山性 樹種으로 取扱되어 造林에 制限을 받아왔다. 最近에 優良한 用材生産 및 造景의 價値가 있어 風致林으로 一部 造林을 하고 있으므로 山麓部 및 遊休地에 造林할 수 있는 優良個體를 選拔할 必要가 있다.

林木育種研究所에서는 生長과 材質이 優良한 전나무 秀型木 100本을 選拔하고 風媒된 種子를 採取하여 次代檢定林을 造成하였다. 장차 전나무에 대한 全般的인 育種計劃을 樹立하기 위한 基本資料로 利用하기 위하여 生長과 材質特性을 調査分析하여 優秀家系를 究明하고 遺傳力을 檢定하였다.

지금까지 林木의 改良 對象 形質中 特히 生長의 增加에 主力해왔고 이것에 대한 遺傳力의 報告는 많이 있었으나(沈相榮 등, 1985; 奎尙根, 1985; 韓相憶, 1993; Li et al., 1978; Meier and Goggans, 1977) 最近에는 林木의 材質改良에도 관심이 모아지고 있다.(Lowe and Greene, 1990; Yanchuck and Kiss, 1993) 그러나 지금까지 전나무에 대한 生長과 材質의 研究는 깊이 있게 이루어지지 않고 있다.

특히 林木의 材質特性中 比重, 假導管의 길이 및 폭은 木材와 紙類의 強度 및 表面處理를 決定짓는 重要한 經濟的 要素다.(Clark, 1978)

閔¹⁾은 秀型木 風媒次代 2~6年生의 苗高 家系 遺傳力을 各各 0.91~0.97로 높게 推定하였고 Beaulieu 등(Beaulieu et al., 1990)은 balsam fir(*Abies balsamea*)에 대한 5~17年生 樹高와 直徑의 遺傳力이 各各 0.20~0.75, 0.19~0.57로 樹齡에 따라 變한다고 報告하였다. Bongarten 등(1986)과 Li 등(1993)은 8年生 blue spruce와 white spruce 風媒次代의 樹高 家系遺傳力을 各各 0.56, 0.45로 推定하였다. 또한 Yanchuk 등(1993)은 15年生 interior spruce에 대하여 比重, 樹高, 直徑 등의 特性을 調査, 分析한 結果 比重

은 樹高 및 直徑과 負의 相關이 있음을 報告함과 同時에 家系遺傳力을 各各 0.67, 0.54, 0.26으로 推定하였다. 假導管의 길이 및 폭에 대한 遺傳力 推定은 거의 이루어지지 않았으나 loblolly pine에 대하여 Loo 등(1984)은 假導管의 길이에 대한 遺傳力 推定에서 2年生 때와 10年生 以後는 0, 4~10年生에서 0.18~0.39로 하였다.

本 研究는 전나무 現地 秀型木에서 風媒된 16年生 次代 38家系에 대한 樹高, 胸高直徑 등 生長特性과 比重, 假導管의 길이 및 폭 등의 材質特性의 遺傳力을 推定하여 選拔育種에 있어서의 效果의인 選拔方法과 育種計劃을 樹立하기 위한 基礎資料를 얻는데 그 目的이 있다.

資料 및 方法

秀型木 38本으로부터 風媒種子를 採取 養苗하여 '83年 當時에 5年生 苗를 2×4m 間隔으로 江原道 春川郡 新北에 植栽하여 次代檢定林을 造成하였다. 植栽木이 正常的으로 生長하고 成績調査 등 諸般管理를 容易하게 하기 위하여 植栽 後 5年生 까지는 年2回, 5年生 以後에는 年1回의 풀베기 作業을 實施하였으나 施肥, 病蟲害防除, 間伐 등은 實施하지 않았다. 植栽 後 11年인 1993年 11月 下旬에 家系當 15本 2回反復 亂塊法에 依해 設計된 試驗區에서 該當木의 樹高 및 胸高直徑을 測定하고, 材質特性調査를 위하여 生長錐로 樹幹 20cm部位에서 東西方向으로 直徑 1cm의 core를 採取하였다.

比重은 나무의 中心인 髓에서 16年生까지의 core 全體를 물에 24時間 沈積하여 水分飽和狀態로 무게를 天秤으로 測定한 後 105°C의 乾燥器에서 48時間 乾燥시킨 후 무게를 測定하였다. 最大含水量法¹⁵⁾에 의하여 木片의 比重을 다음 식으로 算出하였다.

$$G = \frac{1}{\frac{Mm - Mo}{Mo} + 1.53}$$

Mm : 木片의 飽和狀態重量

Mo : 木片의 全乾燥重量

假導管의 길이와 폭은 採取한 木片의 마지막 年度에 자란 年輪部分 中 1.5~2.5mm 幅으로 試料를 切取하여 Jeffrey's solution에 24時間 解離시킨 後 解剖顯微鏡으로 各各 40倍, 100倍로

Table 1. Analysis of variance for family heritability in a randomized complete block design.

S V	d f	E M S
Replications	r-1	$\sigma_w^2 + n\sigma_{FR}^2 + nf\sigma_k^2$
Families	f-1	$\sigma_w^2 + n\sigma_{FR}^2 + nr\sigma_F^2$
Rep×Fam	(r-1)(f-1)	$\sigma_w^2 + n\sigma_{FR}^2$
Within plot	fr(n-1)	σ_w^2

※成績分析 model

$$X_{ijk} = \mu + r_i + f_j + (rf)_{ij} + e_{ijk}$$

即 X_{ijk} = i 번째 反復에서 j 번째 家系の k 번째 (plot) 나무의 特性

μ = 全體平均

r_i = i 번째 反復의 效果

f_j = j 번째 家系の 效果

$(rf)_{ij}$ = 實驗誤差

e_{ijk} = plot 平均으로 부터의 k 번째 나무의 偏差

※ 家系遺傳力

$$h^2_F = \frac{\sigma_F^2}{\sigma_w^2/nr + \sigma_{FR}^2/n + \sigma_F^2}$$

測定하였다.

樹高, 胸高直徑, 比重, 假導管的 길이와 폭에 대하여 成績을 分析한 model 및 家系遺傳力을 求한 式(沈 등, 1975; Zobel과 Talbert, 1984)은 다음과 같다.(Table 1)

結果 및 考察

秀型木 38本에 대한 風媒次代 16年生의 樹高, 胸高直徑, 比重, 假導管的 길이와 폭을 測定하여 平均한 값은 Table 2와 같다.

우선 樹高 및 胸高直徑 등 生長特性에 있어 全體 家系の 平均 樹高는 414.3±5.2cm였고 그 範圍는 全北 4號의 最高 498.2cm로부터 江原 16號의 最低 304.7cm로, 生長이 가장 좋은 家系는 가장 나쁜 家系보다 63.5%의 良好한 生長을 보였다. 또한 胸高直徑의 全體 平均은 7.5±0.1cm였고 그 範圍는 京畿 12號의 最高 9.2cm로부터 最低(慶北 2號) 4.8cm로, 가장 生長이 좋은 家系는 가장 나쁜 家系보다 92.7%의 良好한 生長을 보였는데 이것은 比較的 初期生長이 느린 것으로 알려진 전나무의 境遇 家系 間에 直徑生長이 樹高生長보다 材質發現이 빠른 結果로 생각된다.

比重, 假導管的 길이와 폭 등 材質特性에서 比

重은 平均 0.390±0.004로 樹齡 10~55年生 소나무 類(갯나무, 소나무, 해송, 강송, 리기다소나무)의 平均比重 0.43~0.49 보다 낮았으나(沈鍾燮 등, 1975) 그 範圍는 慶北 2號의 最高 0.480에서 最低(京畿 9號) 0.336의 範圍로 家系 間에 큰 差異를 보여주어 選拔에 의한 改良效果가 클 것으로 期待된다. 또한 假導管的의 길이와 폭의 全體 平均이 各各 2.48±0.02mm, 0.032±0.003mm로 그 範圍는 假導管長이 2.27mm~2.77mm, 假導管幅이 0.028mm~0.039mm로 나타나 두 特性에서 共히 가장 優良한 家系인 京畿 9號는 가장 不良한 家系보다 各各 22.0%, 39.3%로 良好하였다.

특히 比重, 假導管的의 길이와 폭은 木材와 紙類의 強度 및 表面處理를 決定짓는 重要한 經濟的 要素(Clark, 1978)이므로 장래 育種計劃에 包含시켜 生長特性과 並行, 研究되어야 할 것이다.

Table 3은 각 生長 및 材質特性에 對하여 分散分析을 實施한 結果로, 樹高와 木材比重은 家系 間에 有意差(1%~5% 水準)를 나타냈으나, 直徑과 假導管的의 길이 및 폭은 家系 間 有意差를 認定할 수 없었다.

Table 4는 각 特性間의 單純 相關係數를 나타낸 것으로 比重은 測定된 特性들 모두와 負의 相關($r = -0.242^{**} \sim -0.635^{**}$)關係에 있음이 認定되어, 比重이 큰 家系는 樹高, 胸高直徑 등의 生長特性 뿐만 아니라 假導管的의 길이와 폭 등의 材質特性도 좋지 않음을 알 수 있었다. 또한 이러한 結果는 15年生 interior spruces(*Picea glauca* (Moench) Voss, *P. engelmannii* Parry, and their hybrids)의 경우와 類似하였다.(Loo et al., 1984)

比重을 除外한 他特性들, 即 樹高, 胸高直徑, 假導管的의 길이와 폭 등의 거의 모든 特性들의 相互間에는 正의 相關($r = 0.226^{**} \sim 0.813^{**}$)이 認定되었으나, 胸高直徑과 假導管的의 길이 間에는 그 相關($r = 0.105^{ns}$)을 認定할 수 없었다.

Table 2. Mean values for growth and wood quality characters of 38 open-pollinated families of *Abies holophylla* at the age of 16 years.

Character		Height	D. B. H.	Specific gravity	Tracheid	
Family		(cm)	(cm)	in oven dry (total wood)	Length (mm)	Width (mm)
Kangwon	3	432.2	7.6	0.383	2.48	0.028
"	4	414.0	8.2	0.373	2.67	0.035
"	5	426.0	7.2	0.361	2.66	0.032
"	6	430.3	8.8	0.400	2.49	0.031
"	7	356.5	7.0	0.473	2.51	0.032
"	8	429.2	7.8	0.383	2.60	0.033
"	9	337.7	6.5	0.418	2.37	0.032
"	10	413.7	7.2	0.398	2.49	0.032
"	11	412.5	7.4	0.353	2.71	0.036
"	12	354.0	7.1	0.392	2.58	0.036
"	14	381.0	7.2	0.401	2.34	0.033
"	15	413.3	8.0	0.399	2.48	0.023
"	16	304.7	5.4	0.446	2.29	0.030
"	17	408.5	8.5	0.396	2.52	0.029
"	21	368.8	6.9	0.399	2.47	0.031
"	22	366.2	6.8	0.400	2.52	0.034
"	23	362.8	6.9	0.411	2.29	0.030
Kyonggi	1	470.0	7.3	0.357	2.65	0.033
"	2	452.5	8.2	0.382	2.53	0.033
"	4	443.5	8.6	0.362	2.45	0.034
"	5	465.7	8.6	0.386	2.65	0.034
"	6	431.8	7.6	0.378	2.46	0.030
"	7	453.2	8.7	0.366	2.47	0.036
"	8	444.0	8.4	0.398	2.51	0.033
"	9	485.7	9.1	0.336	2.77*	0.039*
"	11	435.0	8.2	0.390	2.40	0.030
"	12	485.3	9.2*	0.354	2.49	0.033
"	14	440.7	7.6	0.348	2.58	0.034
"	15	464.0	7.8	0.418	2.49	0.035
"	16	445.2	7.2	0.400	2.53	0.031
Chonbuk	1	327.0	4.9	0.406	2.28	0.029
"	3	479.0	8.2	0.399	2.29	0.034
"	4	498.2*	8.7	0.406	2.37	0.032
"	5	420.2	7.5	0.399	2.27	0.033
Kyongbuk	1	364.8	6.3	0.406	2.36	0.029
"	2	321.3	4.8	0.480*	2.29	0.030
"	3	414.7	7.4	0.360	2.51	0.034
"	4	391.0	6.0	0.431	2.45	0.034
Range		304.7-498.2	4.8-9.2	0.336-0.480	2.27-2.77	0.028-0.039
\bar{x}		414.3	7.5	0.390	2.48	0.032
S.E. (±)		5.2	0.1	0.004	0.02	0.0003
C.V. (%)		18.9	29.3	16.4	10.5	13.8

The stars (*) indicate the best families

Table 5는 秀型木 風媒次代 16年生 38家系の 樹高, 胸高直徑, 比重 및 假導管的 길이와 폭에 대한 遺傳力을 推定한 것으로 樹高와 比重이 各各 0.55, 0.44로 比較的 높았으나 胸高直徑, 假導管幅은 各各 0.25, 0.24로 樹高 및 比重에 比

하여 낮았다. 일반적으로 遺傳力은 遺傳分散과 表現型分散과의 比率이어서 樹種, 特性, 樹齡, 地域에 따라 差異가 난다. (Namkoong et al., 1988) 특히 假導管길이의 遺傳力은 推定되지 않았는데 이것은 Loo 等(1984)이 *Pinus taeda*의

Table 3. Mean squares estimated from the analysis of variance for growth and wood quality characters.

Source of variance	df	Height	DBH	Specific gravity in oven dry (Total wood)	Tracheid	
					Length	Width
Replications	1	270411.9**	475.8**	0.39**	0.13 ^{NS}	0.00027**
Families	37	14583.2**	6.8 ^{NS}	0.0057*	0.10 ^{NS}	0.000030 ^{NS}
Rep. × Fam.	37	6517.7**	5.1**	0.0032**	0.10**	0.000023*
Within plot	152	2198.3	1.2	0.9015	0.049	0.000014

** and * indicate significance at 1% and 5% levels, respectively.

^{NS} indicates non-significance

Table 4. Simple correlation coefficients between growth and wood quality characters.

	Height (X ₁)	DBH (X ₂)	Specific gravity in oven dry (Total wood) (X ₃)	Tracheid	
				Length (X ₄)	Width (X ₅)
X ₂	0.813**				
X ₃	-0.550**	-0.635**			
X ₄	0.226**	0.105 ^{NS}	-0.242**		
X ₅	0.305**	0.329**	-0.387**	0.432**	

** and ^{NS} indicate significance at 1% level and non-significance, respectively.

Table 5. Variance components and heritabilities for growth and wood quality characters of *Abies holophylla* at the age of 16 years.

	Height	DBH	Specific gravity in oven dry (Total wood)	Tracheid	
				Length	Width
σ^2_w	2198.3	1.2	0.0015	0.049	0.000014
σ^2_{FR}	1439.8	1.3	0.00057	0.017	0.0000030
σ^2_F	1344.3	0.28	0.00042	0	0.0000012
h^2_F	0.55	0.25	0.44	0.00	0.24

境遇, 樹齡 2年生 때와 10年生 以後의 成熟木에서 0이라고 한 것과 一致하였다.

또한 *Abies balsamea*의 樹高의 遺傳力이 0.20~0.75範圍이고, 直徑의 遺傳力이 0.19~0.57의 範圍로 樹高의 遺傳力이 直徑의 遺傳力보다 높게 推定되었음을 報告한 바가 있는데 本論文에서도 같은 傾向을 볼 수 있었다.

結 論

전나무 有用形質의 選拔育種을 위한 基礎資料를 마련하기 위하여 1983년 江原道 春川郡 新北에 造成된 전나무 秀型木 風媒次대 16年生 38家系를 對象으로 樹高, 胸高直徑 등 生長特性和 比重, 假導管의 길이와 폭 등 材質特性을 測定하여 각 形質別 優秀家系와 形質間 相關 및 遺傳力을

推定하였던 바 다음과 같은 結論을 얻었다.

각 特性別로 優秀한 家系는 樹高에서 全北 4號(498.2cm)와 京畿 9號(485.7cm), 胸高直徑에서 京畿 12號(9.2cm)와 9號(9.1cm), 比重에서 慶北 2號(0.480)와 江原 7號(0.473), 假導管의 길이에서 京畿 9號(2.77mm)와 江原 11號(2.71mm) 및 假導管의 폭에서 京畿 9號(0.039mm)와 江原 11, 12號, 京畿 7號(0.036mm)로 各各 나타났다.

각 特性別 分散分析에서 家系間에 樹高와 木材 比重이 1~5% 水準의 有意差가 認定되었고 各 特性別의 相關分析에서 比重은 樹高, 胸高直徑, 假導管長 및 폭 등과 1% 水準에서 負의 有意相關($r = -0.242^{**} \sim -0.635^{**}$)을 보여주었다.

또한 각 特性別 遺傳力 檢定에서 樹高는 0.55, 胸高直徑은 0.25, 比重은 0.44, 假導管幅은 0.24로 推定되었다.

引用文獻

1. 閔泳澤. 1989. 전나무 秀型木의 表現型 相關과 風媒次代遺傳力, 慶尙大學校 林學科 碩士學位 論文. 26pp.
2. 沈相榮·盧義來·韓相億. 1985. 우리나라 소나무 秀型木의 風媒次代에 依한 遺傳母數 및 改良效果에 關한 研究. 林育年報 21 : 5-21.
3. 沈鍾燮·趙在明·姜善求·安正模. 1975. 소나무屬의 性質. 林試年報 22 : 71-84.
4. 全尙根. 1985. 잣나무 遺傳力에 關한 研究. (1)-2-1 苗의 苗高 및 根元經 生長의 遺傳力. 韓林誌. 69 : 36-41.
5. 韓相億. 1993. 잣나무 秀型木의 次代檢定을 통한 樹高生長의 遺傳母數 및 改良效果 推定. 江原大學校 博士學位論文. 94pp
6. Beaulieu, J., A. Corriveau, and G. Daoust. 1990. Genetic parameters and expected gains in balsam fir. Forestry Canada, Quebec Region, Information Report LAU-X95E. 24pp.
7. Bongarten, B.C. and J.W. Hanover. 1986. Genetic parameters of blue spruce(*Picea pungens*) at two locations in Michigan. *Silvae Genetica* 35 : 106-112.
8. Clark, J.A. 1978. Pulp technology and treatment for paper. Miller Freeman Publications, San Francisco, CA, 751pp.
9. Li, P., J. Beaulieu, A. Corriveau, and J. Bousquet. 1993. Genetic variation in juvenile growth and phenology in white spruce provenance-progeny test. *Silvae Genetica* 42 : 52-60.
10. Loo, J.A., C.G. Tauer, and J.P. van Buijtenen. 1984. Juvenile mature relationships and heritability estimates of several traits in loblolly pine (*Pinus taeda*). *Can. J. For. Res.* 14 : 822-825.
11. Lowe, W.J. and T.A. Greene. 1990. Geographic variation in specific gravity and fiber length of green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.) in East Texas. *Silvae Genetica*. 39 : 194-198.
12. Meier, R.J. and J.F. Goggans. 1977. Heritabilities of height, diameter, and specific gravity of young virginia pine. *For. Sci.* 23 : 450-456.
13. Namkoong, G. 1979. Introduction to Quantitative Genetics in Forestry. USDA For. Ser. Tech. Bull. 1588 : 180pp.
14. Namkoong, G., H.C. Kang, and J.S. Brouard. 1988. Tree Breeding : Principles and Strategies. Springer-Verlag. 180pp.
15. Smith, D.M. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. U.S. For. Serv. Res. Report No.2014 : 8pp.
16. Yanchuk, A.D. and G.K. Kiss. 1993. Genetic variation in growth and wood specific gravity and its utility in the improvement of interior spruce in British Columbia. *Silvae Genetica* 42 : 141-148.
17. Zobel, B. and J. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons. Inc. 252-257.