

## 참나무 天然集團의 氣孔形質變異<sup>1</sup>

金智文<sup>2</sup>·權琦遠<sup>2</sup>·文興奎<sup>2</sup>

### Variation of Stomatal Traits of Natural Population of *Quercus spp.*<sup>1</sup>

Chi Moon Kim<sup>2</sup> · Ki Won Kwon<sup>2</sup> · Heung Kyu Moon<sup>2</sup>

#### 要 約

集團間, 集團內 個體木間에 보이는 氣孔密度와 氣孔길이의 差異를 밝히기 위하여 그 變異를 4가지 참나무 樹種에서 調査하였다. 全國에 分布된 참나무 天然集團에서 신갈나무 9個集團, 굴참나무, 굴참나무 각각 4個集團, 상수리나무 3個集團을 조사하였다. 集團別 20株의 個體木 各各에서 12個의 잎을 採取하여 collodion replica의 顯微鏡 檢鏡에 依해 各 採取葉에서 氣孔길이는 20反復, 氣孔密度는 10反復을 測定하였다. 調査된 모든 樹種에서 平均 氣孔密度는  $600 \sim 1,000/mm^2$ , 길이는  $19 \sim 26 \mu m$ 에 分布하고 있었다. 氣孔密度와 길이는 모든 樹種에서 集團間, 集團內 個體木間에 1% 또는 5% 水準에서 統計學的으로 有意인 差異를 보였다. 신갈나무는 다른 樹種에 比해서 특히 集團間에 심한 變異를 보였고 굴참나무는 그 反對였다. 氣孔密度와 길이의 集團內 個體木間 變異係數는 모든 集團에서 各各 3.7~12%와 1~5%의 작은 값을 보였다. 신갈나무의 平均氣孔密度는 調査된 林分의 生育期 日平均溫度合計 및 濕度合計와 重相關係數,  $R_{df: 2, 6} = 0.868^*$  과  $Y = 0.041 X_1 (G. M. T. S.) + 0.489 X_2 (G. M. H. S.) + 22.37$ 의 重回歸式을 보이며 統計的으로 有意인 相關을 보였다. 그러나 氣孔密度의 境遇와는 달리 平均 氣孔길이는 上記 氣候因子들과 相關을 보이지 않았다. 葉測定值 또는 個體木의 平均值를 單位로 하는 頻度分布圖은 일부 集團에서 正規分布曲線을 보이지 않았다. 그러나 分散分析의 結果와 같이 그 曲線은 集團間 差異를 正確하게 나타낼 수 있었다.

#### ABSTRACT

The variation of stomatal density and stomatal length of four species of oaks was studied for the purpose of examining the differences among populations and among individual trees within population. Nine populations of *Quercus mongolica*, four populations of *Q. serrata* and *Q. variabilis* respectively, and three populations of *Q. acutissima* were selected in the natural stands of oaks distributed through the whole country. Twelve leaves were sampled from each of 20 trees from each population. The length of 20 stomata and ten replications of stomatal density were measured from collodion replicas of each leaf under a microscope.

Average stomatal densities and lengths ranged through  $600-1000/mm^2$  and  $19-26 \mu m$  respectively in all of the species studied. The stomatal densities and lengths presented significant differences statistically at the level of 1 or 5% among populations and among individual trees within population in all the species. *Quercus mon-*

<sup>1</sup> 接受 11月 8日 Received November 8, 1984.

<sup>2</sup> 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejeon, Korea.  
本論文은 財團法人 韓國科學財團의 支援에 의해 遂行된 것임.

*golica*, especially, showed large variation among populations, while *Q. variabilis* did very narrow variation compared to the other species. The coefficients of variation of stomatal densities and lengths among individual trees within population exhibited small values of 3.7-12.0% and 1.4-5.3% respectively in all the populations of the species. The average stomatal densities of *Q. mongolica* showed statistically significant correlation of multiple correlation coefficient of  $R_{df,2,6}=0.868^*$  and multiple regression equation of  $Y = 0.041 X_1 (G.M.T.S.) + 0.489 X_2 (G.M.H.S.) + 22.37$  with the sum of growing season mean daily temperature and the sum of growing season mean daily humidity of the stand studied. However the average stomatal lengths showed no relation with the same meteorological variables. The figures of frequency distribution of the measurements of leaves or the mean values of individual trees did not show normal distribution curves in some populations. The curves, as well as the results of ANOVA, exhibited the differences among populations.

*Key words:* stomatal density; stomatal length; variation *Quercus mongolica*; *Quercus serrata*; *Quercus variabilis*; *Quercus acutissima*; oak.

緒 論

참나무類는 우리나라 山林의 立地環境, 특히 瘠薄한 林地에 잘 適應하여 높은 林地生産性を 보여 주고 있다. 아울러 全國의 山林에 純林 또는 混生林을 이루며 넓게 分布되어 있으며 木材의 用途가 넓어 主要 山林資源으로 評價되는 樹種들이다. 過去 이들에 對한 認識不足으로 많은 참나무 林分이 被害를 받았으며 그 形質은 退化되고 林地生産性は 弱화되어 이들의 形質을 改良하기 爲한 努力이 크게 要求되고 있다.

林木의 形質改良에는 먼저 그 材料가 될 유전자 基因이 確保되어 있어야 하며, 그 유전자 基因 內에는 遺傳的인 變異를 나타내는 많은 遺傳子들이 保存되어야만 한다. 또 이와 같은 集團들을 育種에 利用하기 爲해서는 이들에 對한 遺傳分析이 先行될 必要가 있다.

本 研究에서는 全國에 分布하는 참나무 林分들의 集團間, 個體木間에 存在하는 諸形質의 變異內容을 밝혀 次後 이들이 形質改良에 必要한 유전자 基因으로서 利用될 때 必要한 形質變異의 基礎資料를 提供해 주는데 그 目的이 있다. 植物의 主要 器官의 하나인 氣孔細胞의 變異分析을 本 研究에서는 다루었다.

本 研究를 遂行하는 데는 財團法人 韓國科學財團의 後援이 있었으며 財團의 關係 여러분께 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

研 究 史

林分을 構成하는 同一한 樹種內에서도 各 個體들

은 部分的으로 相異한 遺傳的 素質을 지니면서 하나의 集團을 이루고 있다. 또한 地理的으로 서로 隔離되거나 相異한 立地環境에 놓이게 될 때 여기에 加해지는 淘汰 等的 影響을 다르게 받아 이들 集團들 사이에는 더욱 遺傳的 素質을 달리하는 地域品種으로 變해 나간다. 이들 集團의 變異를 밝히는 遺傳分析은 林木의 形質改良에 基礎資料가 되며 *Pinus sylvestris*를 비롯한 소나무類와 *Abies*, *Picea*, *Larix* 屬 等 針葉樹를 爲主로 한 主要 樹種들에서 集中的으로 研究되어 왔다.<sup>5, 6, 8, 11, 20, 21, 22, 23, 27</sup> 國內에서도 소나무와 海松 等を 中心으로 林木集團의 變異分析이 試圖되고 있다.<sup>3, 10, 28, 29, 30</sup> 植物의 主要 器官의 하나인 氣孔에 對해서도 Mergen 等<sup>22</sup>은 *Pinus elliotii*와 *P. taeda* 間에 差異가 있음을 보여 주었고, Thorbjornsen<sup>25</sup>은 *P. taeda*에서 地域間 差異를, Knecht 等<sup>12</sup>은 *Ilex opaca*에 있어서 氣候에 따른 差異와 部位間 差異를 說明하고 있다. Uyeke<sup>18</sup>는 소나무에서 氣孔列數가 한 나무內에서도 差異가 있으며 環境條件 역시 影響을 미친다고 하였다. 그러나 Fowler 等<sup>7</sup>은 *P. resinosa*에서 氣孔列數의 差異를 밝히지 못하고 있다. 國內의 赤松, 海松, 잣나무, 호랑가시나무, 포플러 等に 對하여 任 等<sup>28, 29, 30</sup>, 崔 等<sup>3</sup>, 李<sup>15</sup>, 任<sup>31</sup>, 權<sup>14</sup>은 氣孔의 길이, 密度 등에서 樹種 또는 集團變異가 있음을 指摘하였다. Davies 等<sup>4</sup>, Siwecki 等<sup>24</sup>도 氣孔의 數와 密度에 對해 여러 樹種을 調査한 바 樹種間에 差異가 크지만 氣孔의 길이 20~30 μm, mm<sup>2</sup>當 氣孔密度 100 ~ 500 個인 樹種들이 대부분이었다.

落葉性 참나무類의 基本種으로 우리나라에 6 가지가 있음이 確認되고 있으며 이들間에는 서로 交雜이 되는 境遇가 많아 그 遺傳的 素質이 雜種化되

어 있다는 研究<sup>16, 17, 18)</sup>가 報告되고 있다. 이는 같은 樹種의 참나무 集團間에 새로운 遺傳子의 移往이 다른 變異의 誘發 可能性을 豫測하게 해 준다. 이 같은 참나무의 種間交雜現象 때문에 Burger<sup>12)</sup>는 참나무의 種概念으로 생물학적 종 개념과 린네의 전통적 종 개념을 比較하여 說明하고 있다. 國內에 自生하는 참나무 集團의 變異分析은 이러한 面으로도 몇가지 報告<sup>2, 9, 15, 17)</sup>가 되고 있다. 특히 여러가지 形質의 變異分析은 참나무 形質改良에 必要한 遺傳的인 基礎資料를 提供해 준다는 點에서 重要하다.

本 研究에서는 참나무類에 대한 集團變異를 밝혀 차후 形질개량에 必要한 유전자 基因으로서의 가치를 분석하기 위하여 먼저 기공에 대한 참나무 네 수종의 樹種間, 集團間, 個體間에 存在하는 변이의 내용을 구명하고자 하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 材 料

氣孔變異를 分析하기 爲하여 그림 1에 보이는 참나무 林分들을 對象集團으로 選拔하였다. 本 研究에서는 6가지 基本種 가운데 全國에 純林으로 集團을 이루고 있는 신갈나무(*Quercus mongolica*), 솔참나무(*Q. serrata*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 상수리나무(*Q. acutissima*) 4가지 樹種만을 調査하였다.

신갈나무는 한라산에서 설악산까지 9個集團을 對象으로 하였으며 솔참나무 및 굴참나무는 4個集團, 상수리나무는 3個集團을 調査, 分析하였다. 調査林 分의 概況은 表 1에 있으며 各 集團別로 20株씩 20~30年 以上된 成熟木을 調査하였다. 이들의 樹高, 根元部直徑, 胸高直徑, 枝下高, 樹冠幅 등은 表

Table 1. The general descriptions of the stands studied by species and by population.

	Species	Mt. Sulak	Mt. Mani	Mt. Sukbyung	Mt. Sogri	Jukjang -myeon	Mt. Kaya	Mt. Jiri	Mt. Baekun	Mt. Hanla
Latitude	All species	38°08'	37°36'	37°35'	36°34'	36°11'	35°49'	35°17'	35°07'	33°21'(M)* 33°23'(S)* 33°26'(A)*
	Longi- tude	All species	128°21'	126°26'	128°51'	127°52'	129°10'	128°06'	127°33'	127°36'
Altitude (m)	<i>Q. mongolica</i>	960	385	645	940	540	1,020	1,000	880	1,240
	<i>Q. serrata</i>	-	370	660	-	-	-	-	860	960
	<i>Q. variabilis</i>	-	360	640	-	540	-	-	860	-
	<i>Q. acutissima</i>	-	360	-	-	-	-	-	850	310
Slope	<i>Q. mongolica</i>	25°	15°	20°	15°	10°	15°	20°	20°	5°
	<i>Q. serrata</i>	-	4°	30°	-	-	-	-	15°	5°
	<i>Q. variabilis</i>	-	5°	15°	-	10°	-	-	15°	-
	<i>Q. acutissima</i>	-	4°	-	-	-	-	-	5°	15°
Soil depth (A+B) (cm)	<i>Q. mongolica</i>	60	60	75	85	55	65	75	65	70
	<i>Q. serrata</i>	-	75	65	-	-	-	-	70	70
	<i>Q. variabilis</i>	-	60	80	-	55	-	-	75	-
	<i>Q. acutissima</i>	-	75	-	-	-	-	-	75	80
Aspect	<i>Q. mongolica</i>	SW	SW	W	SW	W	W	S	E	E
	<i>Q. serrata</i>	-	N	E	-	-	-	-	SW	E
	<i>Q. variabilis</i>	-	E	W	-	SW	-	-	S	-
	<i>Q. acutissima</i>	-	N	-	-	-	-	-	S	N
Soil moisture	<i>Q. mongolica</i>	dry	dry	moderate	moderate	dry	moderate	moderate	moderate	dry
	<i>Q. serrata</i>	-	moderate	moderate	-	-	-	-	moderate	moderate
	<i>Q. variabilis</i>	-	moderate	moderate	-	dry	-	-	moderate	-
	<i>Q. acutissima</i>	-	moderate	-	-	-	-	-	moderate	moderate

(M)\*: *Quercus mongolica*

(S)\*: *Quercus serrata*

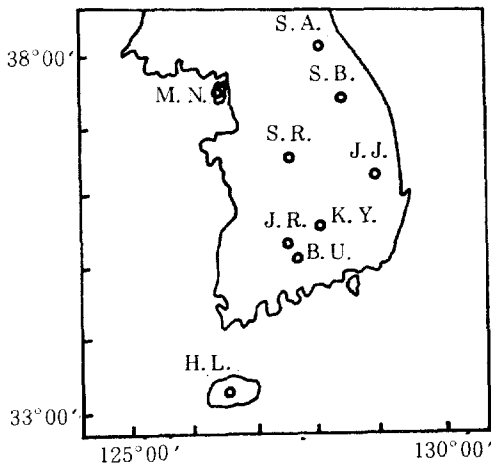
(A)\*: *Quercus acutissima*

**Table 2.** The measurements of individual trees of *Q. mongolica* by population.

	Mt. Sulak	Mt. Mani	Mt. Sukbyung	Mt. Sogri	Jukjang - myeon	Mt. Kaya	Mt. Jiri	Mt. Baekun	Mt. Hanla	
Height (m)	12.35±0.79	5.3±1.22	10.7±1.79	7.8±1.11	7.0±0.79	11.8±0.47	10.1±1.10	10.5±3.04	12.6±1.26	
Basal diameter (cm)	26.4±4.89	16.4±1.94	25.8±5.69	22.5±5.58	18.3±2.25	25.4±2.79	30.4±6.70	24.2±7.05	31.0±6.79	
D.B.H. (cm)	21.5±1.03	12.7±1.66	19.7±5.49	17.5±5.66	13.6±2.33	20.3±2.82	24.7±5.95	22.2±6.75	25.3±4.91	
Clear length (m)	2.9±1.03	1.9±0.37	3.5±0.88	2.6±0.72	2.1±0.48	2.5±0.68	2.6±0.55	3.3±1.57	2.6±1.05	
Crown width	long (m)	3.8±0.61	2.5±0.56	4.1±0.96	3.1±0.56	2.7±0.26	3.7±0.51	3.8±0.60	4.4±1.32	5.7±1.43
	Short (m)	2.6±0.44	1.6±0.44	2.9±0.56	2.5±0.51	1.0±0.32	2.7±0.42	3.0±0.47	2.7±0.86	3.5±0.83

**Table 3.** The measurements of individual trees of *Q. serrata* by population.

	Mt. Mani	Mt. Sukbyung	Mt. Baekun	Mt. Hanla	
Height (m)	10.3 ± 2.38	14.7 ± 3.06	20.8 ± 1.88	12.7 ± 1.42	
Basal diameter (cm)	20.6 ± 2.99	23.9 ± 5.30	37.8 ± 5.07	25.0 ± 6.55	
D.B.H. (cm)	17.5 ± 2.96	19.0 ± 5.42	31.3 ± 4.58	21.6 ± 10.46	
Clear length (m)	4.0 ± 1.20	4.5 ± 1.40	4.7 ± 1.70	2.9 ± 0.80	
Crown width	long (m)	4.7 ± 1.17	4.3 ± 1.09	5.4 ± 0.94	5.1 ± 1.03
	short (m)	3.1 ± 0.49	3.1 ± 1.04	3.5 ± 0.72	2.8 ± 0.32



**Fig. 1.** The geographical location of the populations studied.

- S. A. ; Mt. Sulak
- M. N. ; Mt. Mani
- S. B. ; Mt. Sukbyung
- S. R. ; Mt. Sogri
- J. J. ; Jukjangmyeon
- K. Y. ; Mt. Kaya
- J. R. ; Mt. Jiri
- B. U. ; Mt. Baekun
- H. L. ; Mt. Hanla

2~5에 그 平均值 等を 要約해서 記述하였다.

**2. 分析方法**

集團別로 20株의 個體를 任意選抜한 後 各 個體

木에서 樹冠四方向으로 12個의 葉을 採取하였다. 참나무 葉에서는 葉裏面에만 氣孔이 存在하고 있다. 이 때문에 各 採取葉에서는 裏面의 上下 二部位에서 collodion replica를 만들었다. replica를 透明하게 하기 爲해서 ethyl ether 과 에칠알콜을 3:1 (V/V)로 섞어 collodion을 適當한 濃度로 稀釋하였다. 葉에 붙은 replica를 떼어낼 때는 透明한 셀로판 接着 테이프에 붙여 떼어낸 後 fast-green으로 染色한 다음에 슬라이드 글라스에 붙여 顯微鏡上에서 400倍로 觀察하였다. 氣孔密度는 格子形 눈금이 있는 ocular micrometer로 한 replica의 5部位에서 測定하여 한 잎當 10反復, 한 個體當 120反復의 測定值를 얻었다. 氣孔의 長이는 密度測定 部位別로 2個씩 測定하여 한 잎當 20反復, 한 個體當 240反復의 測定하였다. 測定值分析은 各各 mm<sup>2</sup>當 氣孔數와 μm로 換算된 氣孔長이로 分析하였다. 集團間, 個體間 變異의 內容을 밝히기 爲하여 이들의 集團別 平均值와 分散의 크기를 個體木을 單位로 하여 算出하였다. 또 이들 個體木 平均值와 測定葉別 平均值를 單位로 하는 集團別 頻度 分布圖를 그렸다. 이들의 統計的인 差異는 two-level nested design으로 究明하였다. 選抜集團이 많은 針葉나무에 對해서는 氣孔密度와 長이에 對하여

**Table 4.** The measurements of individual trees of *Q. variabilis* by population.

	Mt. Mani	Mt. Sukbyung	Jukjangmyeon	Mt. Baekun
Height (m)	5.4±1.40	11.1±3.00	6.9±1.00	11.7±5.70
Basal diameter (cm)	12.4±2.20	20.8±5.60	17.4±1.50	33.8±14.80
D. B. H. (cm)	9.5±2.00	16.3±5.50	13.5±1.30	27.4±13.50
Clear length (m)	1.8±0.53	3.6±1.10	2.6±0.60	4.1±2.32
Crown width	long (m)	2.2±0.54	4.2±0.81	3.1±0.39
	short (m)	1.5±0.43	3.3±0.55	2.5±0.35

**Table 5.** The measurements of individual trees of *Q. acutissima* by population.

	Mt. Mani	Mt. Baekun	Mt. Hanla
Height (m)	12.1±3.10	17.5±5.59	12.3±1.72
Basal diameter (cm)	19.8±2.93	30.6±12.21	20.5±3.59
D. B. H. (cm)	16.0±3.01	24.6±9.74	15.6±2.65
Clear length (m)	4.8±1.51	4.7±1.57	3.4±0.97
Crown width	long (m)	5.0±1.10	5.4±2.02
	Short (m)	3.5±0.80	3.6±1.38

各 集團이 있는 地域의 生育期 日平均氣溫合計 및 日平均相對濕度合計를 獨立變數로 하는 서로의 回歸 關係를 分析하였다.

**結果 및 考察**

**1. 氣孔密度的 變異調查**

그림 2~5는 個體木 平均値 또는 葉平均値를 單位로 氣孔密度的 頻度分布를 나타낸 것이다. 대부분 正規分布 形態의 分布圖를 보이지만 신갈나무와 솔참나무에서는 正規分布로 보기 어려운 集團들이 나타난다. 특히 신갈나무에서 지리산 集團이나 솔참나무에서 석빙산 集團 등은 階級的 中央部近에서 最頻數를 나타내지 못하는 複雜한 變異形態를 보이고

**Table 6.** The analysis of variance of stomatal density of some oak trees studied by species.

S. V.	<i>Q. mongolica</i>			<i>Q. serrata</i>			<i>Q. variabilis</i>			<i>Q. acutissima</i>			E. M. S.
	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	
Among populations	8	3372.02	66.69**	3	3079.19	38.27**	3	4998.69	17.42**	2	832.12	89.28**	$\sigma^2 + 12\sigma_{ICP}^2 + 240\sigma_p^2$
Among individual trees within population	171	50.56	5.38**	76	80.47	30.03**	76	286.97	38.42**	57	9.32	3.74**	$\sigma^2 + 12\sigma_{ICP}^2$
Within individual trees	1980	9.39		880	2.68		880	7.47		660	2.49		$\sigma^2$

**Table 7.** The coefficient of variation (%) of stomatal density of some oak trees by species and by population.

Species.	Pop.	Mt. Sulak	Mt. Mani	Mt. Sukbyung	Mt. Sogri	Jukjang myeon	Mt. Kaya	Mt. Jiri	Mt. Baekun	Mt. Hanla
<i>Q. mongolica</i>		4.8	7.8	3.7	7.1	7.1	4.7	12.0	4.7	7.1
<i>Q. serrata</i>		--	6.8	9.6	--	--	--	--	9.7	6.3
<i>Q. variabilis</i>		--	5.7	7.2	--	4.2	--	--	7.2	--
<i>Q. acutissima</i>		--	4.1	--	--	--	--	--	3.4	3.4

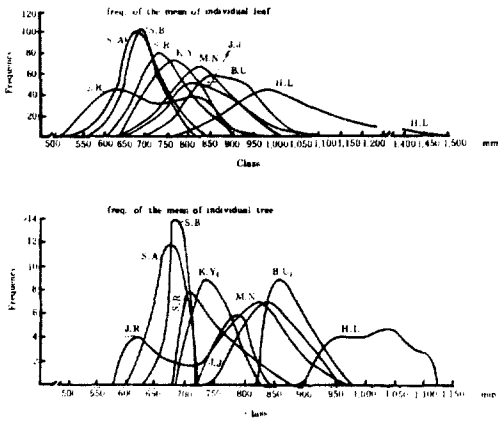


Fig. 2. Frequency distribution of stomatal density of *Quercus mongolica*.

있다. 이러한 分布形態가 單純히 標本수의 不足에서 오는 것인지 集團의 固有한 變異特性인지는 以上の 研究가 要求된다. 신갈나무에 있어서 個體를 單位로 한 頻度分布圖나 標本葉 平均値를 單位로 한 分布圖 多같이 斜악산, 석병산 集團과 한라산 集團이 서로 兩極으로 分離되고 나머지 集團들이 그 사이에서 서로 일부가 겹치는 것을 볼 수 있다. 그러나 지리산 集團은 他集團과 다른 不規則한 變異를 보이고 있었다. 變異의 幅 역시 한라산 및 지리산 集團이 넓고 斜악산 및 석병산이 좁은 편이다.

출참나무의 境遇 석병산 集團이 다소 不規則한 편이지만 대부분 正規分布에 가까운 分布形態를 취하고 있었다. 한라산 集團을 中心으로 석병산, 백운산 集團들이 서로 相當部分 겹쳐 있으며 마니산 集團

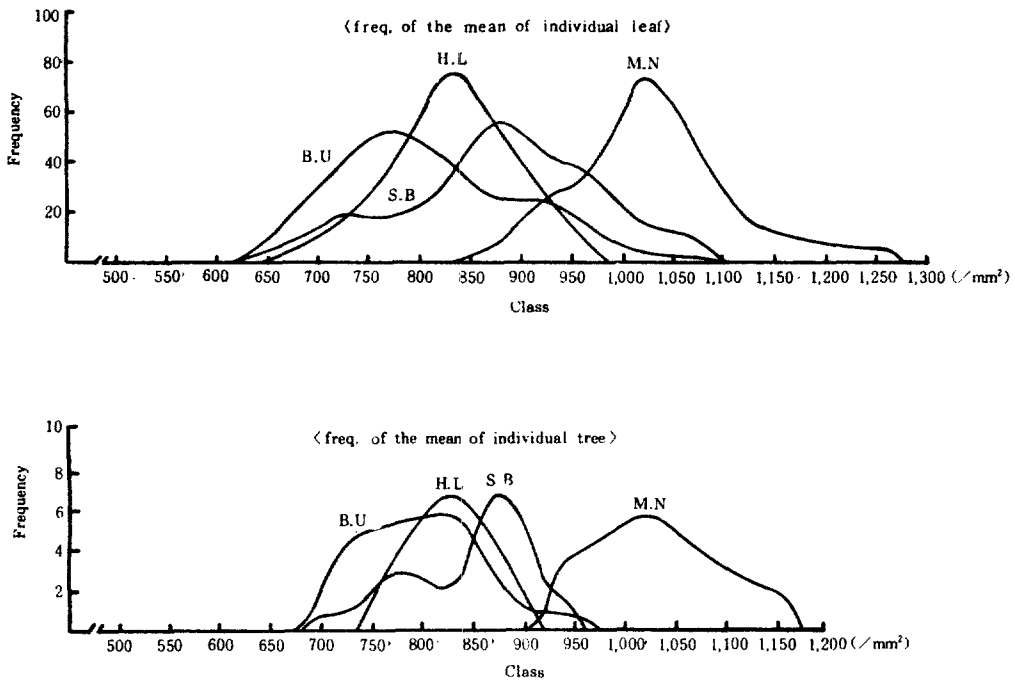


Fig. 3. Frequency distribution of stomatal density of *Quercus serrata*.

은 他集團과 일부만 겹치고 있었다.

굴참나무는 신갈나무나 출참나무에 比하여 더욱 더 正規分布에 가까우며 集團들이 거의 대부분을 겹치고 있어 集團間에 比較的 差異가 작음을 나타내 주고 있다. 또 分布되는 幅도 앞의 두가지 樹種에 比해 작다. 이는 굴참나무의 氣孔이 잎 뒷면의 毛茸로 保護되어 環境에 依한 變化의 壓力을 덜 받는데 일부 원인이 있을 것으로 보인다.

상수리나무에서도 그 分布는 正規分布로 認定되며 變異幅 역시 신갈나무나 출참나무에 比해 상당히 작았다. 그러나 個體木을 單位로 한 圖表에서 마니산과 한라산 集團은 서로 완전히 分離되어 있으며 이 때문에 뒤에 설명될 分散分析에서 集團間 F-value를 크게 增加시키고 있다.

그림 6에 氣孔密度의 平均値, S. D., S. E., range를 樹種 및 集團別로 整理하였다. mm²當 氣孔數에

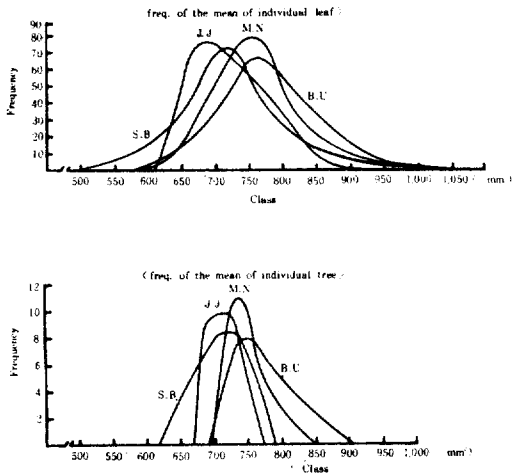


Fig. 4. Frequency distribution of stomatal density of *Quercus variabilis*.

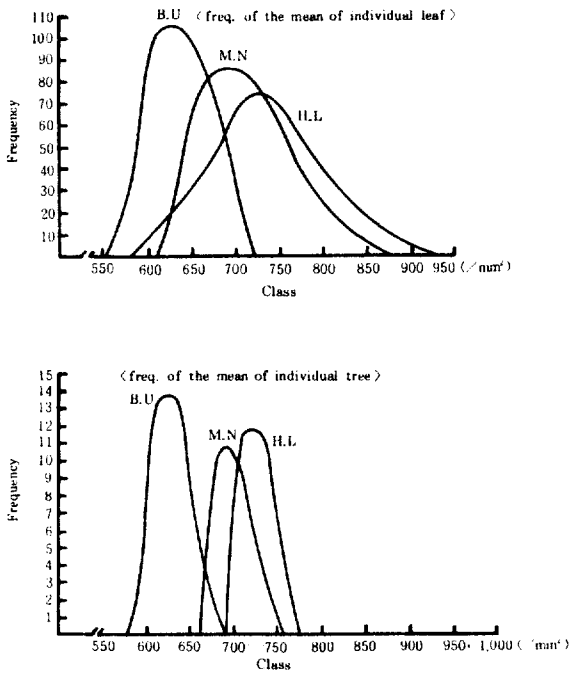


Fig. 5. Frequency distribution of stomatal density of *Quercus acutissima*.

있어서 신갈나무는 설악산의  $669 \pm 32$  個/mm<sup>2</sup>의 最低値에서 한라산의  $1007 \pm 71$  個/mm<sup>2</sup>까지 集團差異를 보이고 있다. 졸참나무는 백운산의  $792 \pm 77$  個/mm<sup>2</sup>에서 마니산의  $1026 \pm 70$  個/mm<sup>2</sup>까지, 굴참나무는 석병산의  $712 \pm 51$  個/mm<sup>2</sup>에서 백운산의

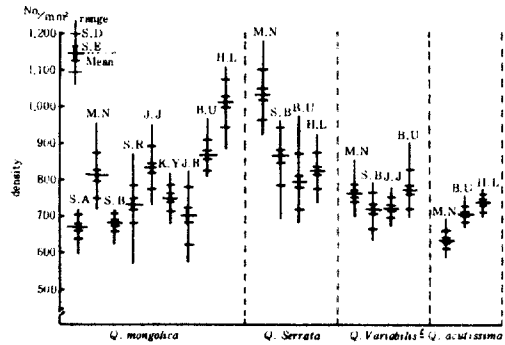


Fig. 6. The range and mean of stomatal density by species and by population and its standard deviation and standard error.

769  $\pm$  30 個/mm<sup>2</sup>까지, 또 상수리나무는 마니산의  $628 \pm 26$  個/mm<sup>2</sup>에서 한라산의  $734 \pm 25$  個/mm<sup>2</sup>까지의 樹種間, 集團間 서로 각기 다른 集團間 變異傾向을 보여주고 있다. 調査된 참나무類는 대부분 600~1,000 個/mm<sup>2</sup>의 氣孔密度內에서 各기 다른 값을 보이고 있지만 集團間에 보이는 심한 變異幅으로 인해 어느 特定樹種이 特別히 높은 氣孔密度를 보인다고 斷定하기는 어렵다. 그러나 *Prinus* 屬에 屬하는 신갈나무와 졸참나무가 *Cerris* 屬에 屬하는 굴참나무, 상수리나무에 비해 氣孔密度가 다소 높을 것이라는 推定은 可能하다. Davies et al.<sup>11)</sup>은 여러가지 樹種의 氣孔密度를 어린苗木에 對하여 調査, 發表하면서 그 중 *Quercus rubra*는 532 個/mm<sup>2</sup>, *Q. macrocarpa*는 576 個/mm<sup>2</sup>로 밝히고 있어 他樹種에 比해서는 많지만 本研究의 對象樹種에 比해서는 상당한 過少値를 보여주었다. 이는 對象樹種 및 樹齡이 다르고 또 生育環境이 서로 다르기 때문에 어디에서 由來하는 差異인지 분명하게 가릴 수 없다. Kramer et al.<sup>13)</sup>은 氣孔의 密度와 크기는 한 屬에 해당되는 樹種間에도 많은 差異가 있으며 참나무屬의 樹種들은 대부분 다른 屬에 비해 氣孔의 密度가 높고 또 큰 氣孔을 지니고 있다고 하였다. 集團間에 보이는 差異는 특히 신갈나무에서 크게 나타나고 있는데 이는 신갈나무가 어느 山에서나 山의 中腹部 以上에서 나타나며 그 下部地域은 대부분 他樹種으로 構成되어 있어 集團間的 隔離效果가 相對적으로 크기 때문이라는 點으로 일부 해석되어진다. 이에 비해 굴참나무는 어느 集團에서나 700~800 個/mm<sup>2</sup>로 集團間 差異가 比較的 작으며 졸참나무는 그 中間에 位置하고 있다.

表 6의 分散分析表을 볼 때 氣孔의 密度는 어느

樹種에서나 集團間, 個體間에 1% 水準에서 高度의 有意의 差異를 보인다. 이는 nested design에 의한 分析結果로 集團間에 보이는 差異는 個體內 및 個體間에 보이는 分散에 對比한 表現值이다. 集團 平均値가 특히 높은 한라산 신갈나무 集團과 마니산 졸참나무 集團은 各各 1007個/mm<sup>2</sup>, 1026個/mm<sup>2</sup>의 平均値를 보이며 個體에 따라서는 1135個/mm<sup>2</sup>, 1176個/mm<sup>2</sup>까지 높은 密度를 보이고 있어 氣孔의 크기를 考慮할 때 葉裏面의 1/3에 가까운 面積이 氣孔細胞로 덮인 것으로 推定된다. 氣孔密度가 낮은 신갈나무의 설악산, 석빙산 集團과 상수리나무의 마니산 集團은 다같이 北쪽에 位置하고 있으며 특히 신갈나무의 경우 寒冷하고 乾燥한 地域에 해당하는 곳이다. 그러나 마니산에서는 졸참나무와 상수리나무간에 서로 反對의 傾向을 보이고 있어 對照가 되며 이에 對해서는 더 많은 研究가 要求된다.

表 7은 樹種 및 集團別 個體木사이에 나타나는 變異의 크기를 C. V. 값으로 表示한 것이다. 신갈나무는 석빙산의 3.7%에서 지리산의 12.0%까지 集團에 따라 크기가 다르지만 상수리나무에서는 3.4~4.1%로 變異가 적었다. 이같은 變異의 크기는 集團間에 나타나는 變異幅보다 매우 작은 값이며 대부분의 생물집단에서 보여주는 形質變異들의 크기보다 작은 편이라 생각된다. 任等<sup>29,30)</sup>은 소나무 集團의 變異分析에서 10~30%의 變異係數를 보이는 形質이 대부분인 것으로 發表하고 있다. 다만 여기에서 個體內, 個體間的 표본의 크기도 影響을 미칠 것으로 생각되며 이같은 點은 各各의 標本수의 效率의인 크기를 定하는데 고려될 主要因子로 評價된다. 調査集團의 數가 9個인 신갈나무에 對해서는 그 地域 氣候因子들과 氣孔密度의 回歸關係를 그림 7에 나타냈다. 여기에서 X軸은 生育期 日平均氣溫合計(GMHS)이며 Z軸은 生育期 日平均相對濕度合計(GMHS)로 盧<sup>19)</sup>의 資料를 適用하였다. Y軸은 氣孔密度를 表示한다. 이들의 回歸關係는  $Y = 0.041 X_1(G.M.T.S.) + 0.489 X_2(G.M.H.S.) + 22.37$ 로 表示되며 重相係數  $R_{d.f.; 2,6} = 0.868^*$ 로 5% 水準에서 有意의인 關係가 認定되며 各 要因과 氣孔密度間에 單純相稱 또한 認定할 수 있었다. Knecht等<sup>13)</sup>은 *Ilex opaca*에서 氣孔密度를 調査한 바, 11個 品種에서 耐寒性의 크기와 氣孔密度間에 負의 關係가 나타나는 點을 報告하고 있어 本研究의 해석에 도움을 주고 있다. 또 任<sup>31)</sup>은 호랑가시나무에서 氣孔密度와

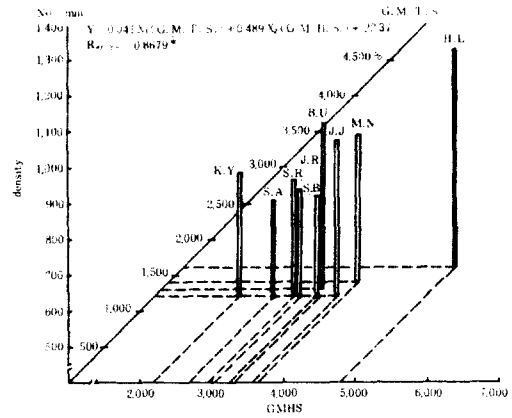


Fig. 7. The multiple regression of stomatal density with the sum of growing season mean daily temperature and the sum of growing season mean daily relative humidity.

寒量指數간에 相關이 있는 反面 쌍쌍나무에서는 그와 같은 相關을 찾지 못하여 같은 屬內에서도 氣孔密度와 氣候因子의 關係는 種에 따라 다르게 나타날 수 있음이 豫측된다.

### 2. 氣孔길이의 變異調査

그림 8~11은 氣孔길이의 頻度分布를 個體木 平均値, 또는 測定葉 平均値를 單位로 하여 나타내었다. 各 樹種에서 集團에 따라 非正規分布를 보이는 集團들이 보인다. 신갈나무에서는 測定葉을 單位로 할 때 백운산, 죽장면, 속리산 集團 등이 正規分布에 가까우며 個體木 平均値를 單位로 할 때 석빙산, 설악산, 지리산을 제외한 集團들이 正規分布를 보이고 있었다. 졸참나무는 석빙산, 한라산集團, 굴참나무에서는 석빙산集團 등이 다소 不規則하게 分布하며 상수리나무는 다같이 正規分布를 하는 것으로 생각되었다. 신갈나무의 集團別 分布範圍를 볼 때 백운산, 죽장면集團과 속리산, 가야산集團이 서로 양극으로 分離되어 있으며 나머지 集團들이 그 사이에 集中되고 있다. 특히 석빙산, 설악산, 지리산 集團들은 그 分布範圍가 他集團들에 比하여 다소 넓게 나타나고 있다. 졸참나무는 백운산, 가야산 集團과 한라산 集團이 완전히 分離되고 있으며 석빙산 集團은 그 사이에서 양쪽 集團들과 部分的으로 겹쳐 있으며 그 範圍 또한 他集團보다 넓다. 굴참나무 集團은 4個集團이 서로 相當部分 重復되어 集團間 變



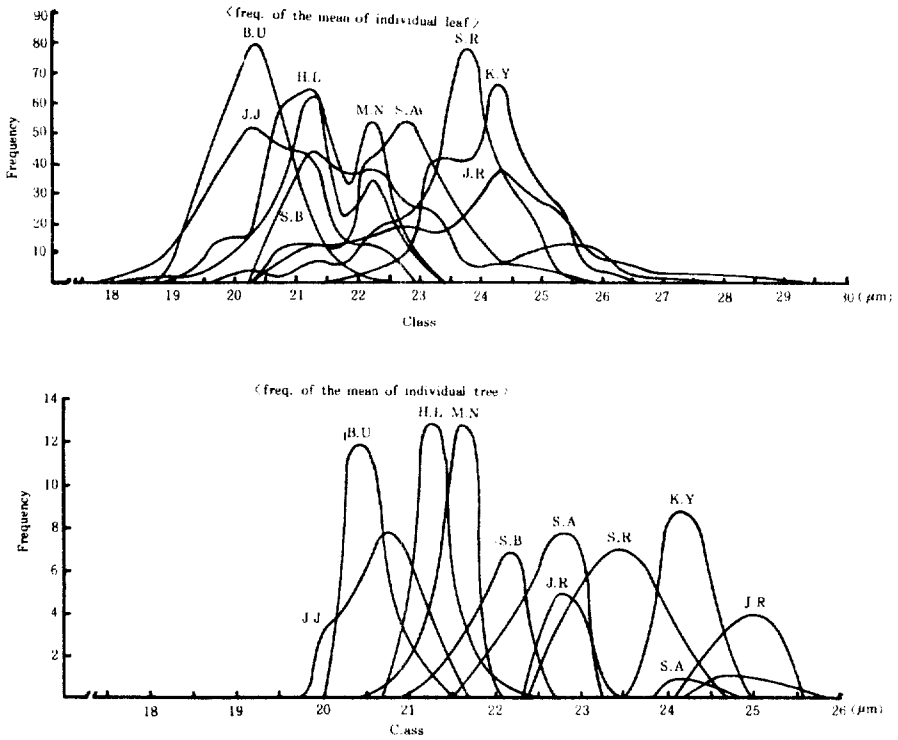


Fig. 8. Frequency distribution of stomatal length of *Quercus mongolica*.

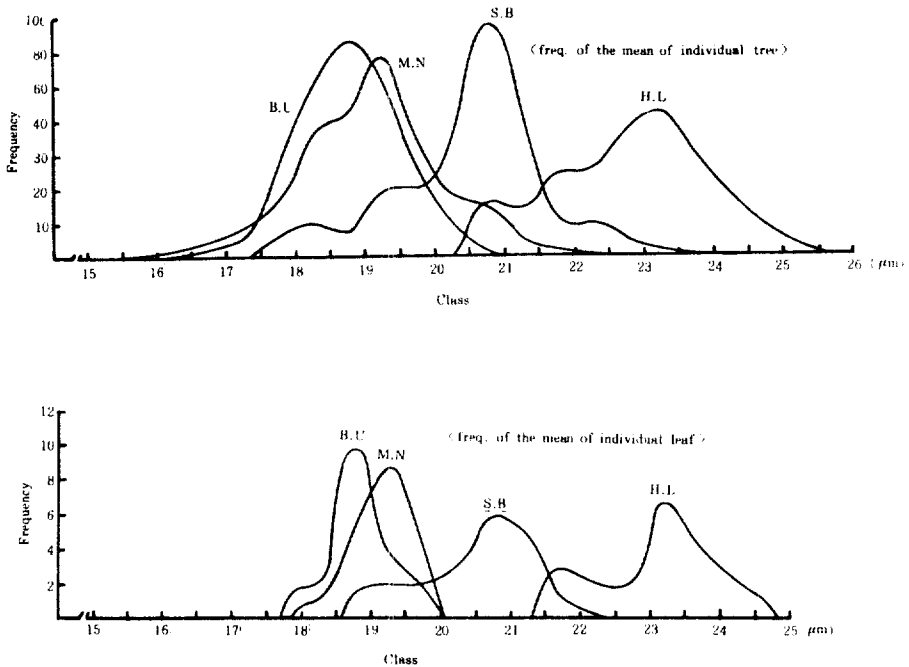


Fig. 9. Frequency distribution of stomatal length of *Quercus serrata*.

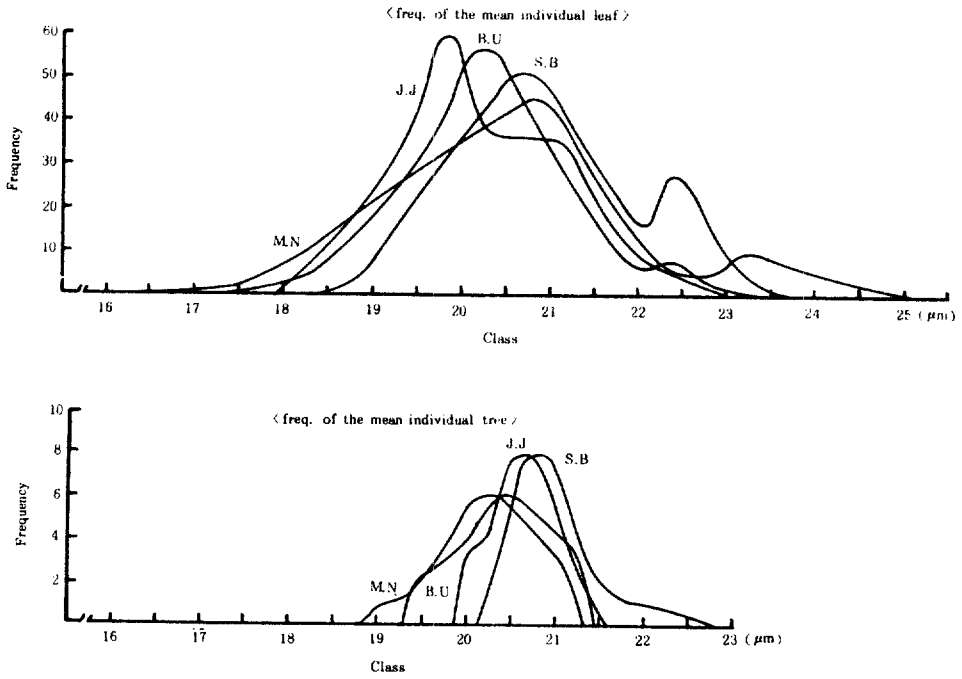


Fig. 10. Frequency distribution of stomatal length of *Quercus variabilis*.

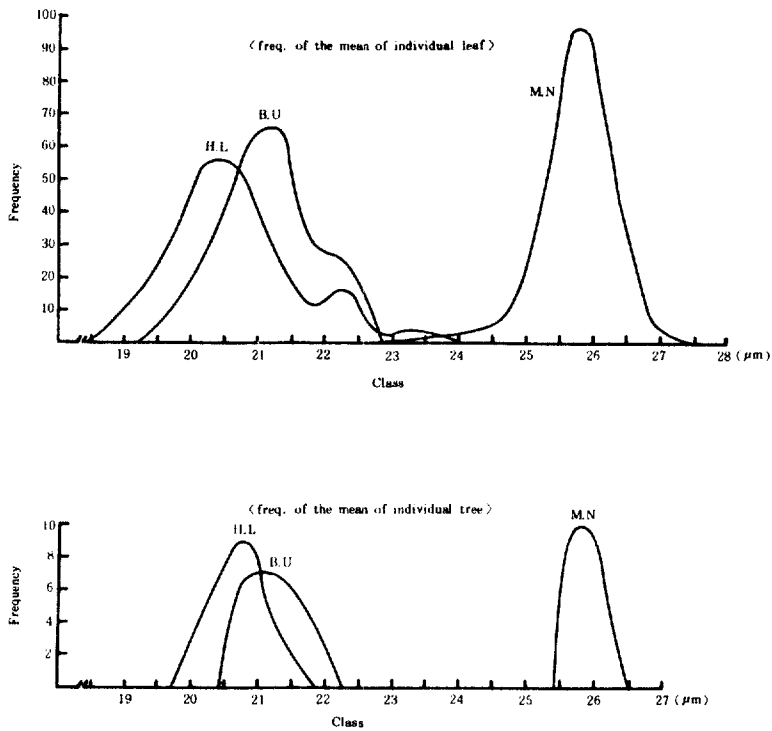


Fig. 11. Frequency distribution of stomatal length of *Quercus acutissima*.

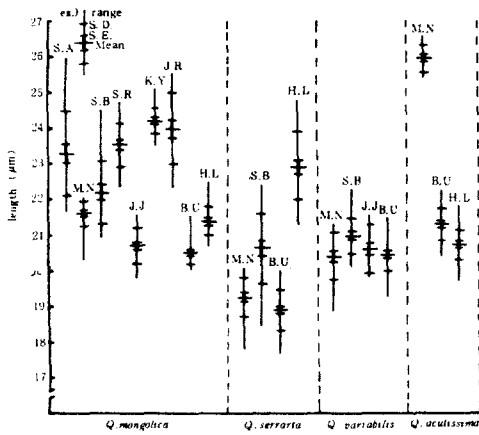


Fig. 12. The range and mean of stomatal length by species and by population and its standard deviation and standard error.

異가 他樹種보다 작은 편이다. 특히 마니산과 백운산 集團, 죽장면과 석빙산 集團들 사이에 더욱 비슷한 分布曲線을 보이고 있다.

그림 12는 氣孔길이의 平均値, S.D., S.E., range를 樹種 및 集團別로 나타내고 있다. 個體木 氣孔길이의 平均値는 대부분 19~26 µm 사이에 位置하고 있다. 신갈나무에 있어서는 백운산 集團의 20.5 ± 0.34 µm에서 가야산 集團의 24.2 ± 0.37 µm까지 差異를 보이며 지리산 集團의 일부 앞에서는 平均 31.5 µm까지 큰 氣孔들이 나타나는 例도 있었다. 또 굴참나무는 백운산 集團의 18.9 ± 0.54 µm에서 한라산 集團의 22.9 ± 0.93 µm까지로 신갈나무에 비해 다소 작은 氣孔을 지니며 백운산 集團의 일부 앞의 平均値는 16.1 µm로 調査된 모든 樹種과 個體木들 가운데서 가장 작은 氣孔을 지니고 있다. 굴참나무의 氣孔길이 平均値는 20~21 µm에

Table 8. The analysis of variance of stomatal length of some oak trees studied by species.

	<i>Q. mongolica</i>			<i>Q. serrata</i>			<i>Q. variabilis</i>			<i>Q. acutissima</i>			E.M.S.
	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	
Among populations	8	84.51	17.87**	3	118.51	1118**	3	2.65	4.49**	2	286.56	924.39**	$\sigma^2 + 12\sigma^2_{ICP} + 240\sigma^2_p$
Among individual trees within population	171	4.73	1.22**	76	1.06	6.63**	76	0.59	5.36**	57	0.31	4.43**	$\sigma^2 + 12\sigma^2_{ICP}$
Within individual trees.	1980	3.88		880	0.16		880	0.11		660	0.07		$\sigma^2$

Table 9. The coefficient of variation (%) of stomatal density of some oak trees by species and by population.

Species \ Pop.	Pop.	Mt. Sulak	Mt. Mani	Mt. Sukbyung	Mt. Sogri	Jukjang myeon	Mt. Kaya	Mt. Jiri	Mt. Baekun	Mt. Hanla
<i>Q. mongolica</i>		5.3	1.7	4.0	2.6	2.5	1.5	4.7	1.7	1.8
<i>Q. serrata</i>		-	2.8	4.8	-	-	-	-	2.9	4.1
<i>Q. variabilis</i>		-	3.3	2.4	-	2.3	-	-	3.4	-
<i>Q. acutissima</i>		-	1.4	-	-	-	-	-	2.1	2.1

모든 集團이 자리하고 있어 集團間 差異가 他樹種에 비해 작은 편이다. 이 점은 氣孔密度에서도指摘된 現象으로 굴참나무의 氣孔은 그 密度나 길이에 있어서 다른 참나무 種보다 變異가 적은 것으로 판단된다. 이는 앞서 說明한 바와 같이 葉表面이 毛茸로 덮여 보호를 받는데 部分的인 原因이 있는 것으로

보인다. 상수리나무에서 氣孔의 길이는 마니산이 25.9 ± 0.36 µm, 한라산이 20.7 ± 0.44 µm로 集團間에 상당한 差異가 나타나며 이는 氣孔密度에서 보이는 集團間 差異와 서로 一致하고 있다. Davies 등<sup>4)</sup>은 氣孔길이가 *Quercus macrocarpa*에서 24.0 µm, *Q. palustris*에서 30.9 µm으로 報告하고 있어 본

研究樹種에 비해 다소 큰 값을 보이지만 氣孔密度에서 보다는 그 차이가 적다. 그는 氣孔이 큰 樹種으로 은행나무의 平均値가 56.3  $\mu\text{m}$  까지 이르는 것을 報告했다.

氣孔길이의 集團間 差異는 굴참나무를 除外하고는 다같이 큰 것으로 보이지만 表 8의 分散分析 結果는 굴참나무 集團들 사이에도 有意인 差異를 認定할 수 있었다. 이는 그만큼 集團內 個體間의 變異 또는 個體內 葉間變異가 적음을 暗示해 준다. 기타 樹種에서는 頻度分布圖에서 보이는 바와 같이 대부분 1% 水準에서 F 値의 有意性이 認定되고 있어 集團間에는 相當한 差異가 있는 것을 確認할 수 있었다. 또한 集團內 個體間에도 5~1% 水準에서 有意인 差異를 보이고 있어 個體間에도 相當한 變異가 있음이 說明된다. 氣孔의 크기는 일반적으로 氣孔密度와 負의 相關이 있는 것으로 알려져 있는데 그림 6의 氣孔密度와 그림 12의 氣孔길이를 보아도 이를 證實할 수 있다. 또 이들간에 相關分析 結果를 보면 굴참나무를 除外하고는  $r_{df:78} = -0.61^{**}$  (*Q. mongolica*),  $r_{df:78} = -0.38^{**}$  (*Q. variabilis*),  $r_{df:58} = -0.85^{**}$  (*Q. acutissima*)로 서로間에 有意인 負의 相關을 찾을 수 있었다. 이들의 負의 相關에도 불구하고 다른 屬의 樹種들에 對比할 때 氣孔密度가 높으면서도 氣孔길이가 크다는 점이 認定된다.

氣孔길이의 集團內 個體間 變異의 크기를 表 9에 C.V. 값으로 表現하였는데 그 크기는 대부분 氣孔密度에서 보다 작은 1~5% 안팎으로 個體木 平均値 사이에 큰 差異가 없었다. 이같이 적은 變異는 個體內 測定値의 표본수가 큰데도 일부 原因이 있을 것으로 보이며 이는 개체내 표본수를 현재보다 더 늘릴 수 있음을 말해준다. 氣孔길이와 氣候因子의 回歸關係를 앞에서의 氣孔密度에서 適用한 두가지 獨立變數를 이용하여 分析한 結果 重相關係數  $R_{df:2.6} = 0.688^{**}$  로 이들 間의 有意인 回歸關係는 보이지 않고 있다.

結 論

以上에서 調査된 참나무類의 氣孔密度는  $\text{mm}^2$  당 600~1,000 個로 Davies 等<sup>4)</sup>이 分析한 *Q. rubra* 또는 *Q. macrocarpa* 등보다 높은 氣孔密度를 보이며 다른 被子植物에서 흔히 보여주는 값보다도 높은 密度이었다. 또한 氣孔의 길이는 대부분 19~

26  $\mu\text{m}$  사이에서 集團間에 變異를 보여주고 있었다. 이들에 對한 分散分析 結果 대부분 集團間, 個體間에 高度의 有意인 差異가 認定되며 이와 같은 集團間 差異는 特히 신갈나무에서 分明하게 指摘되며 상수리나무와 졸참나무의 일부 集團들 間에도 나타나고 있다. 有意인 差異가 認定되기는 하지만 굴참나무는 신갈나무 등에 비해 상대적으로 작은 差異를 보이고 있다. 신갈나무는 어느 地域에서나 山의 中腹部 以上에서 集團을 形成하고 있어 서로間에 隔離될 可能性이 많다. 또 氣候等 環境因子가 極端的인 高山地域은 이에 適應하기 어려운 유전자 의 도태가 크며 또 各 地域이 서로 다른 方向으로 進行될 수 있다. 이에 비해 낮은 野山地域에서 集團間 交流가 쉽고 또 環境條件이 좋아 유전자에 對한 도태가 적으며 種子의 利用價値가 높아 人間 또는 動物에 依한 유전자의 이주 可能性이 큰 굴참나무 등은 集團間 差異를 줄일 수 있는 特性을 지니고 있는 것으로 推定된다. 또 氣孔이 分布하고 있는 葉裏面이 毛茸로 덮여 保護되는 點도 不利한 유전자가 環境에 適應할 수 있는 여건을 마련해 줄 것으로 생각된다. 個體間 變異는 C.V. 값으로 보아 氣孔密度는 대부분 10% 以下, 氣孔길이는 대부분 5% 以下로 生物集團의 일반적인 變異의 크기보다 작은 것으로 評價되는데 이 때문에 集團에 對한 差異를 보다 確實하게 解析할 수 있었다.

두가지 氣候因子와 氣孔密度는 신갈나무의 경우 密接한 回歸關係를 나타내는데 이는 Knecht 等<sup>12)</sup> 任<sup>11)</sup>의 報告와도 一致하는 傾向으로 신갈나무의 重要한 特性이라 생각되며 이들 因子에 따른 集團分化的 可能性을 생각할 수 있다. Kramer 等<sup>13)</sup>은 참나무類가 다른 被子植物에 비해 氣孔密度가 높으면서도 氣孔이 큰 편에 屬한다고 하였는데 이는 本研究에서도 확인된 內容이다. 다만 같은 樹種의 참나무에서 氣孔密度와 氣孔의 길이間에는 負의 相關을 보일 때가 많았다.

引 用 文 獻

1. Burger, W. C. 1975. The species concept in *Quercus*. *Taxon.*, 24(1): 45-50.
2. Chang, C. S. 1984. A biosystematic study on natural populations of *Quercus mongolica* Fischer in Korea and Japan. Seoul National Univ. Graduate School. M. S. thesis. 56 pp.

3. 崔善起 外 3人. 1970. 수형목의 형질에 관한 연구 Ⅲ. 林木育種研究所 研究報告 8 : 7~14.
4. Davies, W. J., T. T. Kozlowski, W. R. Chaney and K. J. Lee. 1973. Effects of transplanting on physiological responses and growth of shade trees. Proc. Int. Shade Tree Conf. 48th, 1972 : 22-30.
5. Ehrenberg, C. E. 1963. Genetic variation in progeny tests of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Stud. Forest. Suec. 10 : 1-135.
6. Ehrenberg, C. E. and Å. Gustafsson. 1971. Coastal and inland provenance trials in *Pinus sylvestris* L. Stud. Forest. Suec. 95 : 1-36.
7. Fowler, D. P. 1964. Effects of inbreeding in red pine ; *Pinus resinosa* Ait. Silvae Genetica 13(6) : 170-177.
8. Goddard, R. E. and R. K. Strickland. 1964. Crooked stemform in loblolly pine. Silvae Genet. 13(3) : 155-157.
9. 黃 增. 1977. 晉異山 참나무類의 葉形質變異에 關한 考察. 慶尙大 論文集 16 : 63~66.
10. Hyun, S. K., K. H. Koo and K. Y. Ahn. 1967. Introgressive hybridization in red pine in the eastern part of South Korea. Research Report, IFG. 5 : 43-52.
11. Kiellander, C. L. 1958. Report on the development of the international provenance test of larch in Sweden. 12th IUFRO Congress Report, 56/22/109.
12. Knecht, G. N. and E. R. Orton. 1970. Stomata density in relation to winter hardiness of *Ilex opaca* Ait. Jour. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(3) : 341-345.
13. Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants A. P. pp. 15~18.
14. 權琦遠. 1982. 土壤水分 Stress 에 따른 雜種 Poplar 의 水分生理 및 生育反應. 서울大學校 大學院 學位論文. 78pp.
15. 李康寧. 1977. 晉異山 참나무 集團의 變異에 關한 研究. 韓林誌. 34 : 1~14.
16. 李昌福. 1961. 한국산 참나무類의 系統學的 研究 1). 韓國農學會誌 7 : 87~108.
17. 李昌福. 1961. 한국산 참나무類의 系統學的 研究(2). 서울大學校 論文集 10 : 97~141.
18. 李昌福. 1961. 한국산 참나무類의 三元雜種. 韓國植物學會誌 4(1) : 16~20.
19. 盧義來. 1983. 氣象因子에 依한 우리나라 森林 樹種의 生育範圍 및 適地適樹에 關한 研究. 韓林誌 62 : 1~18.
20. Mergen, F. 1958. Genetic variation in needle characteristics of slash pine and in some of its hybrids. Silvae Genetica, 7(1) : 1~9.
21. Mergen, F. 1960. Variation and heritability of physiological and morphological traits in Norway spruce. 5th World Forestry Congress, 3p.
22. Mergen, F., E. B. Snyder and J. Burley. 1966. Variation in coastal and insular slash pine of Mississippi and Alabama. The American midland naturalist 76(2) : 482~495.
23. Roller, K. J. 1966. Resin canal position in the needles of balsam, alpine and fraser firs. For. Sci. 12(3) : 348~355.
24. Siwecki, R. and T. T. Kozlowski. 1973. Leaf anatomy and water relations of excised leaves of six *Populus* clones. Arbor. Kornikie 8 : 83~105.
25. Thorbjornsen E. 1961. Variation in loblolly pine. Dissertation abstracts, North Carolina State College 21(1) : 197p.
26. Uyeki, H. 1928. On the physiognomy of *Pinus densiflora* growing in Corea and silvicultural treatment for its improvement. Bull. Agr. For. College. Suigen. Chosen 3 : 263.
27. Wright, J. W. and W. I. Bull. 1963. Geographic variation in Scotch pine. Silvae Genetica 12(1) : 1~25.
28. 任慶彬. 1969. 海松集團의 針葉樹脂道 數에 依한 分析. 서울大學校 論文集. 生農系. 20 : 38~52.
29. 任慶彬, 金眞水. 1975. 소나무 天然集團의 變異에 關한 研究(I). 韓林誌. 28 : 1~20.
30. 任慶彬, 權琦遠. 1976. 소나무 天然集團의 變異에 關한 研究(II). 韓林誌. 31 : 8~20.
31. 任慶彬. 1979. *Ilex*屬 樹木의 遺傳變異의 分析과 造景學的 利用價値의 調查研究. 韓林誌. 42 : 1~38.