

굴참나무 天然集團의 葉型 變異¹
宋定鎬² · 朴文漢³ · 文興奎³ · 韓相億³ · 李在善⁴

The Variation of Leaf Form of Natural Populations of
Quercus variabilis in Korea¹

Jeong-Ho Song², Mun-Han Park³, Heung-Kyu Moon³,
Sang-Urk Han³ and Jae-Seon Yi⁴

요 약

굴참나무 천연집단의 형태적 변이(엽형 특성)를 연구하기 위하여 위도, 경도, 해발고 및 지리적 특성을 고려하여 19개 집단을 선발하였다. 각 집단별로 30개체를 대상으로 개체목당 수관 1/3 하단부에서 60개의 잎을 고르게 채집하여 엽신장, 최대엽폭, 엽맥수 및 엽병장을 조사한 후 그 값을 이용하여 엽신장/최대엽폭, 엽신장/엽병장, 상1/3폭/최대엽폭, 상1/3폭/하1/3폭 및 엽병장/엽맥수에 대한 형상비를 계산하여 엽형 특성에 대한 변이를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 엽신장/최대엽폭, 엽신장/엽병장, 엽병장/엽맥수, 상1/3폭/최대엽폭, 상1/3폭/하1/3폭, 엽병장 및 엽맥수에 대한 변이는 집단간 및 집단내의 개체간에 고도의 유의적인 차이를 보였다. 특히, 분산기여도는 집단간보다 집단내의 개체간에 큰 것으로 나타나, 굴참나무의 연구는 집단보다 개체에 의한 연구가 바람직할 것으로 보여진다.
2. 엽형특성에 대한 주성분 분석은 첫 두 주성분까지의 적재 기여율이 80.5%로 굴참나무 엽형특성 분류에 중요한 정보를 주는 요인이었다. 각 인자별 기여도에 있어서는 제1주성분에서 엽병장/엽맥수 및 엽병장, 제2주성분에서 상1/3폭/최대엽폭, 상1/3폭/하1/3폭 및 엽맥수 인자가 높은 기여도를 나타냈다.
3. 위도, 경도 및 해발고에 따른 엽형특성에 대한 지리적 변이는 위도에 있어 엽신장/최대엽폭 및 엽신장/엽병장에 대해서는 정의 상관관계를 나타내었으며, 나머지 특성(엽병장/엽맥수, 상1/3폭/최대엽폭, 상1/3폭/하1/3폭, 엽병장 및 엽맥수)들에 대해서는 부의 상관관계를 나타내었다. 그러나 경도와 해발고는 위도와 반대의 경향을 나타내었다.
4. 군집분석(Complete linkage cluster)한 결과는 거리지수 1.6에서 2개의 그룹 즉, I 그룹(Pop. 1, 4, 5 및 13)과 II 그룹(Pop. 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18 및 19)으로 나뉘었으며, 거리지수 1.3에서는 II 그룹이 다시 Pop. 3, 7, 10, 14, 15 및 17의 군집(II-1)과 Pop. 2, 6, 8, 9, 11, 12, 16, 18, 19의 군집(II-2)으로 나뉘어 총 3그룹으로 분리되었다. 대체적으로 이것은 사면의 방향에 대하여 I 그룹은 북동면에, II-1 그룹은 남동면에, 그리고 II-2 그룹은 남서면에 집단이 위치하고 있어 환경조건이나 입지조건에 의하여 일어난 자연도태의 결과로 집단간 차이를 보이는 것으로 사료된다.

ABSTRACT

For the study of morphological variation of *Q. variabilis* natural population in Korea, 19 populations were selected through the country in considering latitude, longitude, and geographical

¹ 接受 2000年 9月 17日 Received on September 17, 2000.

² 강원대학교 대학원 임학과 Department of Forestry, Graduate school, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

³ 임업연구원 Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea.

⁴ 강원대학교 산림과학대학 산림자원학부 Division of Forest Resources, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

characters. Thirty trees were randomly selected from each population and 60 mature leaves were sampled from each tree. Four characters (leaf blade length, maximum blade width, petiole length, and vein number) were measured, and their ratios (the ratio of blade length to maximum blade width, the ratio of blade length to petiole length, the ratio of petiole length to vein number, upper $\frac{1}{3}$ blade width to maximum blade width, and upper $\frac{1}{3}$ blade width to lower $\frac{1}{3}$ blade width) were calculated.

1. Analysis of variance for all leaf characters were significantly different among populations and among individuals within population. Contributions of variance among individuals within population in all the characters were higher than those among populations. Therefore, selection of plus trees may be preferable to desirable populations for breeding program of *Q. variabilis*.
2. Among principal component analysis for leaf characters, primary 2 principal components appeared to be major variables for leaf form of *Q. variabilis* because of the loading contribution of 80.5%. The first contribution component was petiole length/vein number and petiole length; the second one was upper $\frac{1}{3}$ blade width/maximum blade width, upper $\frac{1}{3}$ blade width/lower $\frac{1}{3}$ blade width and vein number, respectively.
3. Latitude was positively correlated with blade length/maximum blade width and blade length/petiole length, but negatively correlated with petiole length/vein number, upper $\frac{1}{3}$ blade width/maximum blade width, upper $\frac{1}{3}$ blade width/lower $\frac{1}{3}$ blade width, petiole length, and vein number. But, for longitude and altitude the former two traits and the later five traits exhibited the negative and positive correlation, respectively.
4. Cluster analysis using complete linkage method for leaf characters showed two groups to Euclidean distance 1.6. They were group I of population 1, 4, 5, and 13 and group II of population 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, and 19. However, group II was divided again to Euclidean distance 1.3, that is a group including population 3, 7, 10, 14, 15, and 17(group II-1) and the other group comprising population 2, 6, 8, 9, 11, 12, 16, 18, and 19(group II-2). This cluster could be mainly observed due to difference among population in aspect (group I : NE, group II-1 : SE, and group II-2 : SW).

Key words : *Quercus variabilis*, leaf form, plus tree, morphological variation, natural population

서 론

참나무류는 우리 나라 고유의 자생수종으로 특히 임지 적응력이 강하고 생장이 신속할 뿐만 아니라 전체 임목 축적량의 약 27%(3,950만 m³)를 점유하고 있어 산림생태학적 및 조림학적으로 매우 중요한 수종이다(산림청, 1998). 과거 참나무류를 활잡목으로 잘못 천시하여 용재로의 이용이 거의 무시되어 왔으나, 최근에는 목재 가공기술의 발달과 이용도의 증가로 참나무재의 원목 수입이 급증하여 현재 연간 450만달러 (6,940m³)의 참나무 원목을 수입하고 있다(산림청, 1998). 선진 임업 국민 독일 등 유럽의 여러 나라에서는 참나무가 지니고 있는 목재 고유의 아름다움과 물리적

특성의 장점들로 인하여 고가로 판매되고 또한 선호되고 있는 실정이다.

우리 나라의 참나무류는 낙엽활엽수와 상록활엽수를 합하여 지역별로 모두 12종이 분포하고 있는데, 그 중 상수리나무(*Q. acutissima*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 졸참나무(*Q. serrata*), 신갈나무(*Q. mongolica*) 등은 대표적인 용재수종이다(이창복, 1961). 특히, 굴참나무는 우리 나라 전국의 위도, 해발고(50m~1,200m)에 크게 구애받지 않고 고르게 분포하고 있으며 그 발생 빈도량도 많고 수간이 통직하며, 수피, 종실 등 용도 활용 면에서도 우수한 수종으로 알려져 있다(이영노, 1997).

국내에서 참나무류의 변이에 관한 육종학적 연

구는 집단내 유전구조 분석을 위한 외부 형태적 변이분석과 동위효소 등을 이용한 수종의 식별, 소수의 집단간 및 집단내 변이분석에 관한 수평의 논문이 발표된 바 있으나(김지문 등, 1984; 김지문 등, 1985; 김문홍 등, 1992; 문홍규 등, 1993; 이정호 등, 1998; 이정호 등, 1999; Schmidting과 Hipkins, 1998; Mosedale 등, 1996), 아직 특정 수종을 대상으로 광범위한 지역에 걸쳐 집중적으로 조사된 바는 없다. 임목의 천연집단을 대상으로 육종개량 계획을 수립코자 할 때 먼저 전제가 되는 가장 중요한 사항은 그 수종의 집단간, 또는 집단내 개체목간의 변이의 크기와 내용을 알고 집단간의 유연관계를 밝혀 주는 것으로서, 그 수종의 효과적이고 경제적인 개량사업을 수행할 수 있는 것이다.

본 연구의 목적은 우리 나라 굴참나무 천연집단의 엽의 형태적 특성조사를 통하여 부분적이나마 지리적 변이의 내용을 구명하여 굴참나무 선발육종의 기초 자료를 제공하는데 있다.

재료 및 방법

1. 재 료

굴참나무 천연림이 전지역에 고르게 분포되도록 위도, 경도, 해발고 및 지리적 특성을 고려하

여 경기도 포천에서 전라남도 지리산까지 19개 집단을 선정하였으며, 그 내용은 Table 1과 Fig. 1에서 보는 것과 같다.

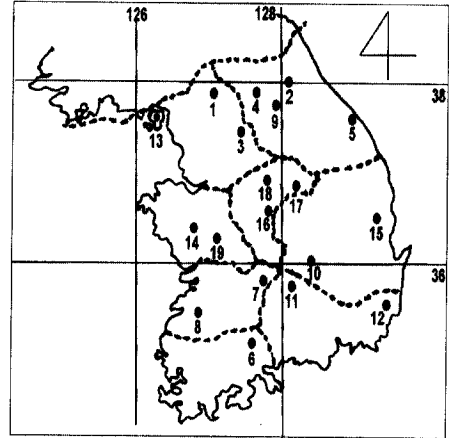


Fig. 1. The location of surveyed populations in *Q. variabilis*.

1. Pochun, 2. Inje, 3. Yongpyong, 4. Duckduwon, 5. Donghae, 6. Mt. Jiri, 7. Mt. Duckyu, 8. Jeongyang, 9. Sanggolri, 10. Mt. Kumo, 11. Mt. Kaya, 12. Mt. Kaji, 13. Mt. Mani, 14. Mt. Chilgap, 15. Mt. Chuwang, 16. Mt. Sokri, 17. Mt. Worak, 18. Mt. Baekun, 19. Mt. Kyeryong.

Table 1. The general description of studied population.

Population	Location	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Slope (°)	Aspect
1	Pochun	37° 46'	127° 11'	540	10	NE
2	Inje	38° 00'	128° 10'	450	35	S
3	Yangpyong	37° 26'	127° 26'	500	15	S
4	Duckduwon	37° 53'	127° 38'	400	10	S
5	Donghae	37° 26'	128° 59'	420	5	NE
6	Mt. Jiri	35° 20'	127° 34'	570	10	EW
7	Mt. Duckyu	35° 50'	127° 47'	580	20	SE
8	Jeongyang	35° 27'	126° 52'	470	15	SW
9	Sanggolri	37° 50'	127° 50'	410	20	SW
10	Mt. Kumo	36° 07'	128° 20'	510	10	NE
11	Mt. Kaya	35° 50'	128° 07'	480	35	S
12	Mt. Kaji	35° 38'	129° 04'	530	10	SE
13	Mt. Mani	37° 40'	126° 20'	400	15	NE
14	Mt. Chilgap	36° 22'	126° 55'	420	25	ES
15	Mt. Chuwang	36° 24'	129° 08'	470	30	S
16	Mt. Sokri	36° 37'	127° 50'	540	30	SW
17	Mt. Worak	36° 49'	128° 10'	560	20	E
18	Mt. Baekun	37° 15'	127° 58'	490	30	SW
19	Mt. Kyeryong	36° 19'	127° 12'	510	20	SW

2. 방 법

1) 수형 특성

각 집단별로 집단내에 50m×50m로 표준구를 선정하고 30본을 임의로 선발하였다. 이들의 외형적 특성인 수고, 흉고직경(DBH), 수관폭, 지하고 및 역지직경을 측정하였다.

2) 엽형 특성

각 집단별로 개체목당 수관 1/3 하단부에서 60개의 엽을 고르게 채집하여 엽신장, 최대엽폭, 엽맥수 및 엽병장을 조사 한 후 그 값을 이용하여 엽신장/최대엽폭, 엽신장/엽병장, 엽병장/엽맥수, 상1/3엽폭/최대엽폭, 상1/3엽폭/하1/3엽폭에 대한 형상비를 계산하여 엽형특성 분석에 이용하였다 (Fig. 2). 또한, 5가지의 형상비, 엽맥수와 엽병장에 대한 분산분석을 실시한 후 주성분분석을 실시하고 집단간의 유연관계를 Complete linkage cluster analysis를 통하여 검사하였다.

수형특성에 대한 개체목별 특성을 측정하여 정리한 결과는 Table 2와 같다.

생장특성에 있어 수고, 역지직경, 흉고직경, 수관폭 및 지하고는 각각 7.4m(마니산)~18.1m(포천), 2.1cm(덕두원)~13.2cm(정양), 13.3cm(덕두원)~38.2cm, 2.5m(칠갑산)~5.9m(포천), 2.4m(마니산)~9.3m(포천) 범위로 다양하였다.

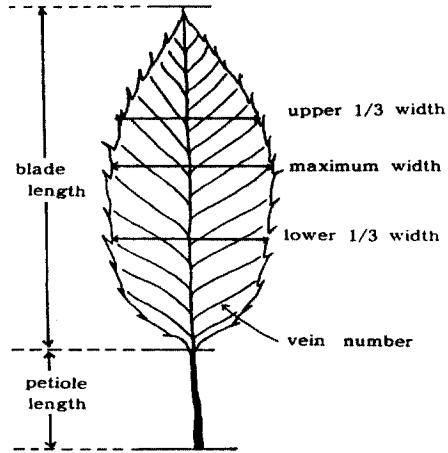


Fig. 2. Diagram of *Q. variabilis* leaf showing the measured characters.

결과 및 고찰

1. 수형 특성

천연분포된 굴참나무 19개 조사집단의 생장 및

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

Population	Location	Height (m)	Diameter of power shoot (cm)	DBH (cm)	Crown width (m)	Clear length (m)
1	Pochun	18.1±2.7	12.1±6.6	38.2±9.4	5.9±2.0	9.3±3.2
2	Inje	12.0±2.7	8.6±6.4	24.7±11	4.8±1.7	3.9±1.5
3	Yangpyong	13.5±1.7	3.9±2.3	17.9±3.3	4.2±1.0	5.9±5.9
4	Duckduwon	10.9±1.8	2.1±0.7	13.3±2.4	2.7±0.6	4.8±1.5
5	Donghae	16.7±4.4	4.8±3.2	23.5±5.6	3.6±1.3	9.1±3.3
6	Mt. Jiri	11.6±1.4	4.6±3.4	17.6±7.8	4.6±1.4	5.3±1.3
7	Mt. Duckyu	14.6±1.1	7.9±4.7	29.4±8.9	4.7±1.4	8.1±2.0
8	Jeongyang	13.7±1.7	13.2±7.2	35.3±8.1	5.9±1.1	6.3±1.6
9	Sanggalri	14.4±1.2	6.8±3.5	25.8±4.8	3.6±0.8	5.4±1.6
10	Mt. Kummo	9.4±1.3	7.7±3.7	23.1±6.0	5.2±1.5	2.7±0.6
11	Mt. Kaya	10.3±1.5	6.0±3.1	21.0±7.4	4.8±1.9	3.4±1.1
12	Mt. Kaji	9.4±2.1	8.8±2.8	23.1±5.7	5.4±1.6	2.7±0.7
13	Mt. Mani	7.4±1.7	6.1±3.4	15.2±3.5	4.3±0.8	2.4±0.6
14	Mt. Chilgap	14.5±1.5	5.4±1.9	19.3±3.9	2.5±0.8	6.5±1.7
15	Mt. Chuwang	10.3±1.9	5.9±2.9	19.2±7.3	2.8±1.1	4.9±2.3
16	Mt. Sokri	11.9±3.0	8.2±5.8	23.9±10.1	3.2±1.2	5.6±2.7
17	Mt. Worak	9.7±1.3	5.9±3.2	20.2±6.4	5.1±1.9	2.9±0.8
18	Mt. Baekun	14.6±1.7	4.8±2.6	24.7±5.3	4.9±1.8	6.3±2.7
19	Mt. Kyeryong	10.3±2.1	6.9±3.2	17.7±3.1	3.5±0.9	3.6±1.7

2. 葉型 特性

굴참나무 葉의 형태적 特性 中 變이를 보이는 것은 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 葉신장/최대엽폭, 葉신장/葉병장, 葉병장/葉맥수, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/최대엽폭, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/하 $\frac{1}{3}$ 폭, 葉병장 및 葉맥수를 대상으로 분석하였다. 굴참나무의 葉 特性

에 대한 각 집단별 평균값은 Table 3과 4에 나타내었으며, 모든 特性에서 각 집단내의 개체간 고도의 유의성이 인정되었다.

葉신장/최대엽폭(A)의 전체 평균은 2.76이고, 0.02~9.9까지 다양하였다. 집단평균을 살펴보면 마니산집단이 3.34로 제일 크며, 가야산집단이

Table 3. The measurements of blade length/maximum blade width(A), blade length/petiole length(B), petiole length/vein number(C), and upper $\frac{1}{3}$ blade width/maximum blade width(D) by population.

Population	Location		A	B	C	D
1	Pochun**	Mean \pm Std	2.69 \pm 0.31	9.25 \pm 3.12	0.11 \pm 0.06	0.91 \pm 0.08
		Range	0.50 - 5.8	1.1~26.6	0.02~0.93	0.02~1.0
2	Inje**	Mean \pm Std	2.73 \pm 0.32	8.59 \pm 3.03	0.12 \pm 0.06	0.87 \pm 0.07
		Range	1.30 - 4.4	2.3~25.6	0.02~0.90	0.10~1.0
3	Yangpyong**	Mean \pm Std	2.66 \pm 0.30	6.82 \pm 2.12	0.13 \pm 0.04	0.85 \pm 0.07
		Range	1.50 - 3.9	1.1~25.4	0.02~0.30	0.09~1.0
4	Duckduwon**	Mean \pm Std	2.87 \pm 0.30	9.99 \pm 4.48	0.09 \pm 0.05	0.87 \pm 0.10
		Range	2.10 - 4.7	3.5~44.3	0.01~0.93	0.06~1.0
5	Donghae**	Mean \pm Std	2.73 \pm 0.33	9.93 \pm 4.84	0.11 \pm 0.05	0.86 \pm 0.10
		Range	0.50 - 4.4	1.9~50.5	0.01~0.86	0.09~1.0
6	Mt. Jiri**	Mean \pm Std	2.83 \pm 0.35	7.94 \pm 3.34	0.11 \pm 0.04	0.92 \pm 0.06
		Range	1.90 - 6.6	2.7~49.0	0.02~0.26	0.01~1.0
7	Mt. Duckyu**	Mean \pm Std	2.70 \pm 0.35	6.97 \pm 2.59	0.14 \pm 0.06	0.91 \pm 0.08
		Range	1.40 - 6.5	2.9~44.7	0.01~0.93	0.08~1.0
8	Jeongyang**	Mean \pm Std	2.72 \pm 0.29	7.69 \pm 3.04	0.12 \pm 0.05	0.91 \pm 0.05
		Range	1.10 - 4.4	0.1~24.4	0.01~0.95	0.63~1.0
9	Sanggalri**	Mean \pm Std	2.79 \pm 0.36	7.35 \pm 3.35	0.13 \pm 0.06	0.91 \pm 0.08
		Range	0.20 - 7.4	0.1~73.0	0.01~0.95	0.06~1.0
10	Mt. Kumoo**	Mean \pm Std	2.70 \pm 0.34	7.42 \pm 2.42	0.13 \pm 0.06	0.91 \pm 0.07
		Range	0.04 - 4.6	0.6~22.4	0.03~0.95	0.09~1.0
11	Mt. Kaya**	Mean \pm Std	2.64 \pm 0.39	7.98 \pm 2.71	0.12 \pm 0.05	0.91 \pm 0.07
		Range	0.04 - 8.9	0.1~23.3	0.03~0.95	0.08~1.0
12	Mt. Kaji**	Mean \pm Std	2.77 \pm 0.40	7.07 \pm 2.93	0.12 \pm 0.06	0.90 \pm 0.09
		Range	0.22 - 9.0	0.1~34.0	0.01~0.93	0.02~1.0
13	Mt. Mani**	Mean \pm Std	3.34 \pm 0.57	10.8 \pm 5.00	0.10 \pm 0.07	0.83 \pm 0.11
		Range	0.19 - 5.5	1.3~37.0	0.02~0.90	0.10~1.0
14	Mt. Chilgap**	Mean \pm Std	2.72 \pm 0.37	6.59 \pm 3.22	0.15 \pm 0.06	0.89 \pm 0.10
		Range	1.30 - 5.5	2.0~26.8	0.03~0.50	0.08~1.0
15	Mt. Chuwang**	Mean \pm Std	2.65 \pm 0.53	6.56 \pm 2.19	0.16 \pm 0.11	0.88 \pm 0.11
		Range	0.02 - 9.6	0.01~17.1	0.01~0.97	0.02~1.0
16	Mt. Sokri**	Mean \pm Std	2.73 \pm 0.28	7.80 \pm 2.93	0.13 \pm 0.06	0.86 \pm 0.07
		Range	0.30 - 3.4	0.5~69.5	0.03~0.93	0.08~1.0
17	Mt. Worak**	Mean \pm Std	2.67 \pm 0.47	7.34 \pm 2.92	0.15 \pm 0.09	0.88 \pm 0.10
		Range	0.07 - 9.9	0.2~31.0	0.01~0.98	0.04~1.0
18	Mt. Baekun**	Mean \pm Std	2.74 \pm 0.32	8.70 \pm 4.17	0.11 \pm 0.05	0.88 \pm 0.07
		Range	0.16 - 6.9	3.0~48.0	0.01~0.69	0.15~1.0
19	Mt. Kyeryong**	Mean \pm Std	2.74 \pm 0.30	8.23 \pm 3.36	0.10 \pm 0.04	0.91 \pm 0.07
		Range	0.52 - 4.6	0.1~27.0	0.02~0.25	0.09~1.0

** : Significant at the 1% level among individual within population.

2.64로 제일 작게 나타났다. 엽신장/엽병장(B)의 전체 평균은 8.05이고, 0.01~73까지 다양하였다. 집단평균은 마니산집단이 10.8로 제일 크며, 주왕산집단이 6.56으로 제일 작게 나타났다. 엽

병장/엽맥수(C)의 전체 평균은 0.12이고, 0.01~0.98까지 다양하였다. 집단평균은 주왕산집단이 0.16으로 제일 크며, 덕두원집단이 0.09로 제일 작게 나타났다.

Table 4. The measurements of upper 1/3 blade width/lower 1/3 blade width(E), petiole length(F), and vein number(G) by population.

Population	Location		E	F	G
1	Pochun**	Mean±Std	1.00±0.17	1.53±0.53	15.1±1.99
		Range	0.02~4.7	0.1~3.5	8~20
2	Inje**	Mean±Std	0.95±0.11	1.67±0.67	14.5±2.23
		Range	0.03~1.9	0.1~4.3	8~21
3	Yangpyong**	Mean±Std	0.93±0.11	1.86±0.57	14.2±2.11
		Range	0.55~2.4	0.5~6.3	7~31
4	Duckduwon**	Mean±Std	0.98±0.13	1.36±0.51	15.1±1.84
		Range	0.07~2.6	0.1~3.5	9~21
5	Donghae**	Mean±Std	0.97±0.12	1.60±0.60	15.6±2.12
		Range	0.10~1.7	0.2~4.8	8~20
6	Mt. Jiri**	Mean±Std	0.99±0.08	1.73±0.58	16.2±2.07
		Range	0.19~1.6	0.1~3.1	7~25
7	Mt. Duckyu**	Mean±Std	0.98±0.09	1.89±0.60	14.6±2.15
		Range	0.05~2.0	0.3~4.0	7~21
8	Jeongyang**	Mean±Std	0.98±0.08	1.82±0.56	15.3±1.84
		Range	0.63~1.4	0.4~4.0	9~22
9	Sanggolri**	Mean±Std	0.98±0.23	1.90±0.71	15.0±2.13
		Range	0.02~9.4	0.3~7.1	5~22
10	Mt. Kumo**	Mean±Std	0.96±0.13	1.80±0.56	14.5±2.08
		Range	0.02~2.6	0.5~5.0	7~21
11	Mt. Kaya**	Mean±Std	0.99±0.11	1.70±0.56	14.7±2.07
		Range	0.10~1.5	0.5~5.0	7~22
12	Mt. Kaji**	Mean±Std	0.96±0.14	1.84±0.64	15.7±2.18
		Range	0.01~1.9	0.2~4.2	9~23
13	Mt. Mani**	Mean±Std	0.89±0.17	1.36±0.68	14.1±2.52
		Range	0.45~4.7	0.3~4.0	5~25
14	Mt. Chilgap**	Mean±Std	0.96±0.12	2.21±0.74	14.7±2.00
		Range	0.09~2.9	0.5~4.7	7~21
15	Mt. Chuwang**	Mean±Std	0.97±0.21	2.00±0.74	14.0±2.27
		Range	0.04~3.9	0.1~9.5	3~21
16	Mt. Sokri**	Mean±Std	0.94±0.12	1.75±0.57	14.3±1.86
		Range	0.01~2.8	0.4~3.5	8~20
17	Mt. Worak**	Mean±Std	1.02±0.40	2.06±0.75	14.5±2.31
		Range	0.03~4.3	0.4~7.0	7~23
18	Mt. Baekun**	Mean±Std	0.94±0.11	1.73±0.67	15.6±2.22
		Range	0.08~1.7	0.2~1.2	6~22
19	Mt. Kyeryong**	Mean±Std	0.96±0.09	1.48±0.54	15.3±1.78
		Range	0.68~1.4	0.3~3.5	9~21

** : Significant at the 1% level among individual within population.

상 $\frac{1}{2}$ 폭/최대엽폭(D)의 전체 평균은 0.89이고, 0.01~1.0까지 다양하였다. 집단평균은 지리산집단이 0.92로 제일 크며, 마니산집단이 0.83으로 제일 작게 나타났다. 상 $\frac{1}{2}$ 폭/하 $\frac{1}{2}$ 폭(E)의 전체 평균은 0.97이고, 0.01~9.4까지 다양하였다. 집단평균은 월악산집단이 1.02로 제일 크며, 마니산집단이 0.89로 제일 작게 나타났다. 엽병장(F)의 전체 평균은 1.75cm이고, 0.1~9.5까지 다양하였다. 집단평균은 칠갑산집단이 2.21cm로 제일 크며, 덕두원집단과 마니산집단이 1.36cm로 제일 작게 나타났다. 엽맥수(G)의 전체 평균은 14.9개이고, 5~25개로 다양하였다. 집단평균은 지리산집단이 16.2개로 제일 크며, 주왕산집단이 14.0개로 제일 작게 나타났다.

위에서 보는 바와 같이 분산분석 결과 전 특성에서 유의성이 인정되었으나 특성치 간의 비교분석이 어려웠다. 그러므로, Table 5에서 보는 바와 같이 변이계수를 비교하였다.

엽 특성별로 변이계수를 보면 엽병장/엽맥수(C)는 32.7%(양평)~71.0%(주왕산)의 범위로 가장 큰 값을 보인 반면, 상 $\frac{1}{2}$ 폭/최대엽폭(D)은 6.0%(정양)~12.9%(주왕산)의 범위로 제일 작은 값을 나타내었다. 엽신장/최대엽폭(A)은 10.2%(속리산)~20.0%(주왕산), 엽신장/엽병장(B)은 31.0%(양평)~48.9%(칠갑산), 상 $\frac{1}{2}$ 폭/하 $\frac{1}{2}$ 폭(E)

은 7.8%(정양)~39.4%(월악산), 엽병장(F)은 31.3%(금오산)~60.6%(정양), 엽맥수(G)는 11.6%(계룡산)~17.9%(마니산)의 범위를 보였다. 또한, 각 집단별로 변이계수를 보면 엽신장/최대엽폭, 상 $\frac{1}{2}$ 폭/최대엽폭, 상 $\frac{1}{2}$ 폭/하 $\frac{1}{2}$ 폭(월악산 집단 제외) 및 엽맥수의 값은 대부분 20% 내외로 개체간 변이가 작게 나타났으나, 엽신장/엽병장, 엽병장/엽맥수 및 엽병장에서는 30~71% 안팎의 심한 변이를 나타내고 있어 변이가 큰 형질로 나타났다. 특히, 마니산(12.8~69.8%)과 주왕산(12.9~71.0%)집단은 높은 개체간 변이를 보인 반면 양평집단은 30%내외로 개체간 변이가 작은 집단으로 나타났다.

김지문 등(1984)은 참나무류의 기공형질에서, 김영모(1995)는 한국 상수리나무 집단의 엽형질에서, 문홍규 등(1989)은 참나무류 수형목 27가계의 종실변이에서, 이재선 등(1999)은 강원도 지역 소나무 천연집단의 엽형질에서 이와 같은 집단변이 분석을 실시하고 그 안의 여러 가지 형질의 변이 내용을 밝힌바 있다. 이들은 집단내 개체목간의 변이를 C.V.값으로 표현하면서 그 크기가 대부분 10~30% 사이에서 변화하는 것으로 보고하였으며, 김지문 등(1985)은 신갈나무와 졸참나무 집단의 엽형 변이에서 C.V.값은 대부분 10~20%이지만 수종이나 집단, 형질에 따라서 그 크기가

Table 5. Coefficients of variation for leaf characters of seven populations of *Q. variabilis*.

Population	Location	A ⁺	B	C	D	E	F	G
1	Pochun	11.5	33.8	57.4	8.5	17.0	34.4	13.2
2	Inje	11.7	35.3	50.8	8.2	11.4	40.3	15.4
3	Yangpyong	11.4	31.0	32.7	8.3	11.4	30.6	14.9
4	Duckduwon	10.3	44.9	48.4	11.9	13.1	37.0	12.2
5	Donghae	12.1	48.7	50.6	11.1	12.8	37.4	13.6
6	Mt. Jiri	12.5	41.1	33.1	6.7	8.4	33.4	12.7
7	Mt. Duckyu	13.1	37.1	41.7	8.5	9.3	31.8	14.8
8	Jeongyang	10.8	39.5	36.9	6.0	7.8	60.6	12.0
9	Sanggalri	13.1	45.6	43.0	9.1	23.3	37.4	14.2
10	Mt. Kumo	12.6	32.6	45.4	8.1	13.0	31.3	14.4
11	Mt. Kaya	14.8	34.0	45.0	7.7	10.6	32.8	14.1
12	Mt. Kaji	14.4	41.5	48.3	9.9	14.9	34.8	13.9
13	Mt. Mani	17.1	46.3	69.8	12.8	18.8	50.2	17.9
14	Mt. Chilgap	13.7	48.9	35.8	10.7	12.1	33.7	13.7
15	Mt. Chuwang	20.0	33.3	71.0	12.9	21.9	37.1	16.1
16	Mt. Sokri	10.2	37.6	49.4	7.8	12.5	32.4	13.0
17	Mt. Worak	17.4	39.7	60.6	11.8	39.4	36.3	15.9
18	Mt. Baekun	11.8	47.9	43.6	8.3	11.7	38.6	14.2
19	Mt. Kyeryong	11.0	40.8	37.0	7.2	9.5	36.7	11.6

A⁺~G: As in Table 3 and 4.

현저하게 커지거나 작게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 엽신장/최대엽폭, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/최대엽폭, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/하 $\frac{1}{3}$ 폭 및 엽맥수특성을 제외하곤 모든 특성에서 30% 이상의 변이폭을 보였다. 그러므로 굴참나무 엽 특성에 대한 변이는 집단과 형질에 따라서 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

이들 측정치를 가지고 unequal size nested design에 의한 집단간, 집단내의 개체간 및 개체내 변이의 유의적인 차이를 검정한 결과와 그 기여도는 Table 6에 나타내었다. 굴참나무 전체에 대한 개체내의 변이 차이는 나타나지 않았으나, 집단간 및 집단내의 개체간에는 조사분석한 모든 형질에서 고도의 유의적인 차이를 인정할 수 있었다.

엽 특성별 분산 기여도를 보면 집단간에는 2.4~13.4%이고, 집단내 개체간에는 20.8~51.6%로 나타났다.

김영모(1995)는 한국 상수리나무 집단의 형태적, 생리적 특성 및 유전변이에 관한 연구에서 12

가지 엽형질 특성에서 분산 기여도는 집단간에 약 5%이며, 집단내 개체간에 28%로 나타나 집단간보다 집단내 개체간에 그 기여 정도가 큰 것으로 보고하였는데, 이러한 결과는 본 연구 내용과 유사한 결과를 나타냈다.

이상과 같이 집단간 변이와 아울러 집단내 개체간에 보이는 변이도 대단히 크게 나타났는데 이는 참나무류의 임분 집단내에 유전자 급원이 그만큼 클 수 있다는 점에서 바람직한 사실로 사료된다. 또한 굴참나무의 분산 기여도는 집단간보다 집단내의 개체간에 그 기여 정도가 더욱 큰 것으로 나타나, 굴참나무 육종에는 집단선택보다 개체선택에 의한 연구가 바람직할 것으로 여겨진다.

굴참나무의 7가지 엽형 특성에 대해 상관 분석한 결과는 Table 7과 같다.

굴참나무 엽 특성중 엽신장/최대엽폭 과 엽신장/엽병장, 엽병장/엽맥수 지수와 엽병장, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/최대엽폭 과 상 $\frac{1}{3}$ 폭/하 $\frac{1}{3}$ 폭 및 엽맥수의 관계는 정의 상관을 보였으며, 엽신장/최대엽폭은

Table 6. Analysis of variance for leaf characters in *Q. variabilis*.

	DF	F-values (Percent of total)						
		A ⁺	B	C	D	E	F	G
Among Population	18	41.47** (13.4)	2657.69** (9.9)	0.61** (7.4)	1.17** (7.8)	1.51** (2.4)	89.30** (9.7)	680.36** (6.7)
Among Individual Trees within Population	550	2.81** (28.1)	398.02** (51.6)	0.07** (29.7)	0.11** (23.2)	0.35** (20.8)	12.67** (47.4)	102.54** (35.0)
Error	33629	0.09 (58.5)	4.88 (38.5)	0.003 (62.9)	0.005 (69.0)	0.02 (76.8)	0.19 (42.9)	2.80 (58.3)

** : Significant at the 1% level, A⁺~G : As in Table 3 and 4.

Table 7. Simple correlation coefficients in leaf characters.

<i>Q. variabilis</i>	A	B	C	D	E	F
Blade length / Maximum blade width (A)						
Blade length / Petiole length (B)	0.6412**					
Petiole length / Vein number (C)	-0.4934*	-0.8081**				
Upper $\frac{1}{3}$ leaf / Maximum blade width (D)	-0.4714*	-0.4303 ^{n.s}	0.0976 ^{n.s}			
Upper $\frac{1}{3}$ blade width / Lower $\frac{1}{3}$ blade width (E)	-0.5899**	-0.2694 ^{n.s}	0.2309 ^{n.s}	0.6646**		
Petiole length (F)	-0.5389*	-0.8743**	0.9125**	0.2462 ^{n.s}	0.2863 ^{n.s}	
Vein number (G)	-0.0624 ^{n.s}	0.1825 ^{n.s}	-0.5065*	0.4774*	0.3258 ^{n.s}	-0.1986 ^{n.s}

** : Significant at the 1% level ; ^{n.s} : Non-Significant.

엽병장/엽맥수, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/최대엽폭, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/하 $\frac{1}{3}$ 폭 및 엽병장과 부의 상관을 보였다. 또한, 엽맥수는 엽병장/엽맥수과는 부의 상관을 보였고, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/최대엽폭과는 정의 상관을 나타냈다. 그러나, 나머지 특성들 간에는 유의성이 인정되지 않았다.

특히, 엽신장/엽병장은 엽병장/엽맥수($r = -0.8081$) 및 엽병장($r = -0.8743$)의 관계에서는 높은 부의 상관을 보였으나, 엽병장/엽맥수 지수와 엽병장($r = 0.9125$)의 관계에서는 높은 정의 상관을 나타냈다.

굴참나무 잎의 7가지 엽 특성에 대한 주성분분

Table 8. Eigenvalues of the correlation matrix obtained from principal component analysis of leaf characters in *Q. variabilis*.

	Eigenvalue	Differene	Proportion	Cumulative
P1	3.59686	1.55682	0.513837	0.51384
P2	2.04003	1.48286	0.291433	0.80527
P3	0.55717	0.17207	0.079595	0.88486
P4	0.38510	0.05052	0.055014	0.93988
P5	0.33458	0.27122	0.047797	0.98768
P6	0.06336	0.04045	0.009051	0.99673
P7	0.02291	-	0.003273	1.00000

Table 9. Eigenvectors obtained from principal component analysis of leaf characters in *Q. variabilis*.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
A ⁺	-0.4194	-0.1632	0.3750	0.7432	0.2374	-0.2155	0.0414
B	-0.4819	0.1242	-0.3569	0.0603	0.2875	0.7207	-0.1391
C	0.4431	-0.3455	-0.0329	0.1852	0.2291	0.3641	0.6811
D	0.2842	0.4967	0.1975	0.4519	-0.5389	0.3675	-0.0614
E	0.3021	0.4345	-0.5758	0.3317	0.3927	-0.3500	-0.03915
F	0.4695	-0.2008	0.3119	0.0274	0.4164	0.2088	-0.6513
G	-0.0560	0.6023	0.5129	-0.3077	0.4364	0.0209	0.2924

A⁺~G : As in Table 7.

Table 10. Clinal variation according to latitude, longitude, and altitude.

y	x		
	Latitude	Longitude	Altitude
A ⁺	$y = 1.089 + 0.046x$ ($R^2 = 0.010$)**	$y = 14.179 - 0.090x$ ($R^2 = 0.030$)**	$y = 3.306 - 0.001x$ ($R^2 = 0.025$)**
B	$y = -18.508 + 0.727x$ ($R^2 = 0.032$)**	$y = 60.058 - 0.408x$ ($R^2 = 0.008$)**	$y = 12.548 - 0.009x$ ($R^2 = 0.021$)**
C	$y = 0.031 - 0.005x$ ($R^2 = 0.005$)**	$y = -0.625 + 0.006x$ ($R^2 = 0.005$)**	$y = 0.093 + 0.0001x$ ($R^2 = 0.003$)**
D	$y = 1.520 - 0.017x$ ($R^2 = 0.030$)**	$y = 0.527 + 0.003x$ ($R^2 = 0.001$)**	$y = 0.786 + 0.0002x$ ($R^2 = 0.018$)**
E	$y = 1.301 - 0.009x$ ($R^2 = 0.002$)**	$y = -0.428 + 0.011x$ ($R^2 = 0.003$)**	$y = 0.873 + 0.0002x$ ($R^2 = 0.004$)**
F	$y = 5.181 - 0.094x$ ($R^2 = 0.015$)**	$y = -6.451 + 0.064x$ ($R^2 = 0.006$)**	$y = 1.283 + 0.001x$ ($R^2 = 0.007$)**
G	$y = 21.232 - 0.174x$ ($R^2 = 0.005$)**	$y = 9.963 + 0.0386x$ ($R^2 = 0.0002$)*	$y = 14.135 + 0.002x$ ($R^2 = 0.002$)**

A⁺~G : As in Table 7; ** and * : Significant at the 1% and 5% level, respectively.

석(Principal component analysis)을 실시한 결과는 Table 8과 9에 나타났다.

이 분석의 목적은 p개의 반응변수로부터 주요한 정보를 잃지않는 (혹은 손실을 최소화하는) 범위 내에서 p보다 훨씬 작은 m개의 (가능한 최소 개수) 주성분을 유도하여 이를 통해 자료의 요약 을 그 목적으로 하고 있다(김관영과 이승수, 1995 ; 김기영과 전명식, 1997).

5%의 유의차를 인정한다면, 요인 1(P1)이 51.4%의 기여율을 갖고 있으며 5%까지는 요인 5까지가 기여한다고 할 수 있으나, 일반적으로 고유값(Eigenvalue)이 1.0이상의 값을 주요인으로 정하여 분석한다. 또한, 첫 2개의 주요인자 이후 고유값이 급격한 하강현상을 보이고 있으므로 첫 2요인이 원자료의 정보를 잘 요약한다고 볼 수 있다. 3요인까지의 적재 기여율은 80.5%의 정보를 설명하고 있으며, 19.5%의 타요인이 남아 있음을 나타냈다. 표 8과 표 9의 결과를 종합하여 보면, 제1주성분의 기여율은 51.4%로서 엽병장/엽맥수 및 엽병장이, 제2주성분의 기여율은 29.1%로 상 $\frac{1}{2}$ 폭/최대엽폭 및 상 $\frac{1}{2}$ 폭/하 $\frac{1}{2}$ 폭 및 엽병장 인자가 굴참나무 엽특성 분류에 중요한 정보를 주는 요인이었다.

지리적 분포에 있어 위도, 경도 및 해발고에 따른 경사변이는 Table 10에 나타났다.

위도는 굴참나무 엽 특성중 엽신장/최대엽폭(A) 및 엽신장/엽병장(B)과 정의 상관을 나타내었으며, 나머지 특성들과는 부의 상관을 나타냈다. 그러나, 경도와 해발고는 엽신장/최대엽폭(A) 및 엽신장/엽병장(B)과 부의 상관을 나타내었으며, 나머지 특성들과는 정의 상관을 보여 위도와는 반대의 경향을 나타냈다.

이러한 경향은 본 연구에서 각 엽 특성별 분석에 34,200개인 많은 데이터를 사용하였기 때문에 신뢰도는 낮으나 미세한 차이가 있는 것으로 나타났다. 차후 경사변이에 대한 내용은 지속적인 연구를 수행할 필요가 있는 것으로 사료된다.

군집분석(Complete linkage cluster)한 결과는 Fig. 3과 4에서 보는 바와 같이 Euclidean distance 1.6에서 2개의 그룹 즉, I 그룹(Pop. 1, 4, 5, 13)과 II 그룹(Pop. 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19)으로 나뉘었으며, Euclidean distance 1.3에서는 II 그룹이 다시 Pop. 3, 7, 10, 14, 15 및 17의 군집(II-1 그룹)과 Pop. 2, 6, 8, 9, 11, 12, 16, 18, 19의 군집

(II-2 그룹)으로 나뉘어 Euclidean distance 1.0 이상에서 총 3그룹으로 분리되었다.

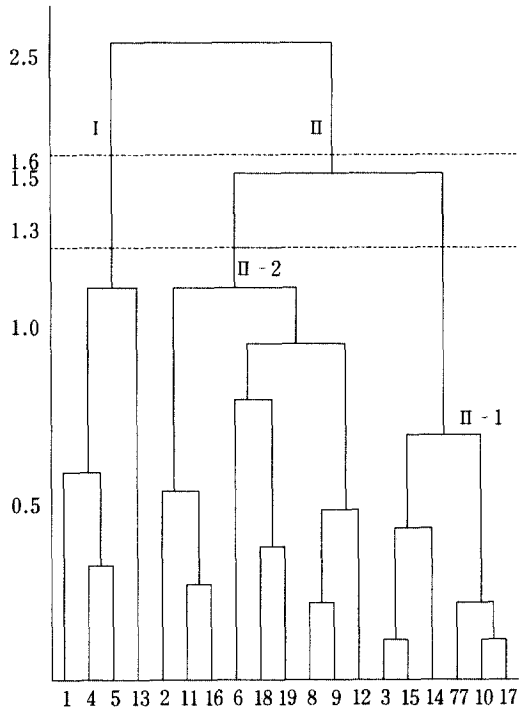


Fig. 3. Dendrogram by complete linkage method using the leaf characteristics.

이상과 같이 굴참나무 천연집단은 거리지수 1.3에서 III 그룹으로 분리되었는데, 이것은 대체적으로 사면의 방향에 대하여 I 그룹은 북동사면에, II-1 그룹은 남동사면에, 그리고 II-2 그룹은 남서사면에 집단이 위치하고 있어 환경조건이나 입지조건에 의하여 일어난 자연도태의 결과로 집단간이나 개체간 차이를 보이는 것으로 사료된다.

이동섭과 한영관(1986)은 굴참나무 생장에 관계하는 여러 인자들에 대한 편회귀 계수를 구하여 유효토심, 임목밀도, 모암 등이 굴참나무 생장과 관계가 깊다고 하였으며, 한상돈 등(1995)은 다중회귀 및 경로분석에 의한 신갈나무 입지요인 평가에서 부인자 수준으로 방위, 토색, 토성의 기여도가 높았으며 주인자 수준으로 보면 가용양분(유기물, 유효인산, 치환성 양이온 등)의 기여도가 높음을 보고하였다. 김영모(1995)는 상수리나무 엽특성의 12개 특성치를 종합하여 군집분석한 결과 6개 그룹으로 군집되었으나 지리적 및 기후적 변

이 특성이 나타나지 않았다고 하였으며, 김용식(1981)은 소나무 천연집단의 수지도 특성에 있어서 태백산맥과 소백산맥을 중심으로 하여 두 지역으로 크게 구분할 수가 있다고 보고한 바 있다.

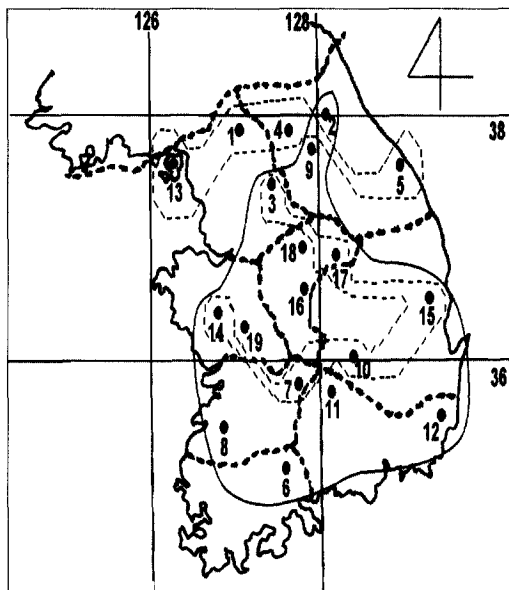


Fig. 4. Grouping using complete linkage method in cluster analysis.

인용문헌

1. 김관영·이승수. 1995. 多變量統計解析法. pp. 327.
2. 김기영·전명식. 1997. SAS 주성분 분석. pp. 94.
3. 김문홍·송홍선·김찬수. 1992. 韓國産 참나무屬 數種의 毛茸의 形態와 季節的 消失에 關하여. 韓植誌 22: 13-21.
4. 김영모. 1995. 韓國 상수리나무 集團의 形態的, 生理的 特性 및 遺傳變異에 關한 研究. 江原大學校 大學院 博士學位論文. 111pp.
5. 김용식. 소나무 天然集團의 變異에 關한 研究-특히 針葉, 材質, 毬果, 種子 및 幼苗의 形態的 特性의 變異에 對하여-. 서울大 碩士學位論文 pp73.
6. 김지문·권기원·문홍규. 1984. 참나무 天然集團의 氣孔形質變異. 韓林誌 66: 82~94.
7. 김지문·권기원·문홍규. 1985. 참나무 天然集團의 葉型變異. 韓林誌 71: 82~89.
8. 문홍규·박유현·이구연·황석인. 1989. 참나무類 秀型木 27家系의 種實變異. 林育研報 25: 193-197.
9. 문홍규·이재선. 1993. 참나무類의 再幼齡化에 따른 葉型 및 氣孔密度의 變化. 林育研報 29: 121-126.
10. 산림청. 1998. 林業統計年報. pp. 406.
11. 이동섭·한영관. 1986. 森林環境因子에 의한 굴참나무林分의 生産力推定. 韓林誌 75: 1-18.
12. 이영노. 1997. 韓國植物圖鑑. p. 70.
13. 이재선·송정호·한상섭·박완근. 1999. 江原道 地域 소나무 天然集團의 變異에 關한 研究-針葉과 毬果의 形態的 特性을 中心으로. 江原大學校 山林科學大學 森林科學研究 15: 107~116.
14. 이정호·교결준인·권기원. 1999. 落葉性 참나무의 葉 및 毛茸 形態의 樹齡에 따른 變異. 韓林誌 88(1): 11~17.
15. 이정호·교결준인·산본복수·권기원. 1998. 참나무류 및 이들 雜種의 開花期 차이. 韓林誌 87(2): 194~200.
16. 이창복. 1961. 韓國산 참나무類의 系統學的 研究(1). 韓農誌: 87-108.
17. 한상돈·권혁민·민영택·김영모. 1995. 多重回歸 및 經路分析에 의한 신갈나무 立地要因 評價. 林育研報 31: 119-128.
18. Mosedale, J. R., B. Charrier, and G. Janin. 1996. Genetic control of wood colour, density and heartwood ellagitannin concentration in European oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*). Forestry 69(2): 111~124.
19. Schmidtling R. C. and V. Hipkins. 1998. Genetic diversity in longleaf pine (*Pinus palustris*): influence of historical and prehistorical events. Can. J. For. Res. Vol. 28.