

굴참나무 天然集團 冬芽의 形態的 變異¹
宋定鎬^{2*} · 朴文漢³ · 韓相德³ · 李胃煥³ · 朴完根⁴ · 李在善⁴

Morphological Variation of Winter Buds of
Quercus variabilis Bl. in Korea¹

Jeong-Ho Song^{2*}, Mun-Han Park³, Sang-Urk Han³,
Wi-Young Lee³, Wan-Geun Park⁴ and Jae-Seon Yi⁴

요 약

굴참나무 동아의 형태적 변이를 연구하기 위하여 위도, 경도, 해발고 및 지리적 특성을 고려하여 16 개 천연집단을 선발하였다. 각 집단별로 30개체를 대상으로 개체목당 수관 1/3 하단부에서 정아와 측아를 30개씩 고르게 채집하여 정아와 측아의 길이 및 폭에 대한 변이를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 정아길이, 정아폭, 측아길이 및 측아폭은 각각 6.9~11.3cm, 3.0~3.7cm, 6.1~8.9cm 및 2.5~3.1cm로 나타났으며, 모든 특성에서 약 20% 내외의 변이폭을 보였다.
2. 동아특성에 대한 변이는 집단간 및 집단내의 개체간에 고도의 유의적인 차이를 보였으며 특히, 분산 기여도는 집단간보다 집단내의 개체간에 큰 것으로 나타났다.
3. 상관분석한 결과 정아길이는 측아길이 및 폭과, 측아폭은 정아폭 및 측아길이의 정적 상관을 나타내었으며, 또한 지리적 변이에 있어 위도는 정아폭과, 경도는 정아길이 및 측아길이의 정적 상관을 나타내었다.
4. 군집분석한 결과는 거리지수 3.4에서 2개의 그룹 즉, I그룹(Pop. 8)과 II그룹(Pop. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)으로 나뉘었으며, 거리지수 1.5에서는 II그룹이 다시 Pop. 1, 2, 7, 9, 및 11의 군집(II-1그룹)과 Pop. 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 15 및 16의 군집(II-2그룹)으로 나뉘어 거리지수 1.2 이상에서 총 III그룹으로 분리되었다.

ABSTRACT

For the study of morphological variation in winter buds of *Q. variabilis* Bl., natural populations in Korea, 16 populations were selected through the country in consideration of latitude, longitude, altitude, and geographical characters. Thirty trees were randomly selected from each population and 30 terminal and 30 lateral buds were sampled below 1/3 crown length of each tree. Four morphological characters including length and width of terminal and lateral buds were measured.

1. Length and width of terminal and lateral buds were in the ranges 6.9~11.3cm, 3.0~3.7cm, 6.1~8.9cm, and 2.5~3.1cm, respectively. The coefficient of variation were in about 20% in all the characters investigated.
2. All the characters were significantly different among populations as well as among individuals within populations. The degree of contribution of variance among individuals within populations was higher than that among populations.

¹ 接受 2001年 6月 23日 Received on June 23, 2001.

審査完了 2001年 8月 1日 Accepted on August 1, 2001.

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.

* 연락처자 E-mail : longdalino@hanmail.net

3. Length of terminal bud showed positive correlation with length and width of lateral bud; and width of lateral bud with width of terminal bud and length of lateral bud. Also, positive correlations were observed between longitude and width of terminal bud, between latitude and length of terminal and lateral bud.
4. Cluster analysis using complete linkage method for winter bud characters showed two groups to Euclidean distance 3.4. They were group I of population 8 and group II of populations 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, and 16. However, group II was divided into two at Euclidean distance 1.5 that are a group including populations 1, 2, 7, 9, and 11(group II-1) and the other group including populations 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 15, and 16(group II-2).

Key words: *Quercus variabilis*, *winter bud*, *morphological variation*, *geographic variation*, *natural population*

서 론

최근 조림수종의 다양화와 산림의 용도가 다양해지면서 참나무류는 주요한 산림자원으로 평가되고 있어 생산성 증대를 위한 형질개량이 급속히 요구되고 있는 실정이다. 또한 국제적 관심사항으로 대두되고 있는 지구 환경보전, 유전자원보전 및 안정된 산림생태계 유지를 위해서도 현존하는 임목의 천연림 집단들을 대상으로 육종 계획이 수립되어야 한다.

그러나 참나무류에 관한 육종학적 연구를 살펴보면 접목의 경우 접목불화합성이 알려지고 있으며(Kleinschmit, 1986; 안진권 등, 1993), 삼목은 삼수의 노령화로 높은 발근율을 얻기가 힘들다(이재선과 문홍규, 1990; 문홍규, 1993; 문홍규와 이재선, 1993). 조직배양 기술 중 체세포배와 아배양을 이용한 참나무류의 증식에서는 기내에서 유도된 새로운 신훈로부터 지속적인 증식 및 발근이 매우 어렵다(문홍규, 1993; 김용구, 1995), 또한 채종원 또는 채종림으로부터 참나무류의 종자를 생산할 경우에 개화·결실 주기의 차이로 인해 나타나는 여러 가지 문제점, 종자의 장기 저장이 어려운 점 등 종자생산 및 공급에도 많은 어려움이 나타나고 있다(Chalupa, 1979; Burschel and Huss, 1987; 임목육종연구소, 1995; Cecich, 1997).

현 단계에서 임목의 천연집단을 대상으로 실용적이고 경제적인 육종 계획을 수립하기 위해서 전제가 되는 가장 중요한 사항은 그 수종의 유전적 구성이나 형질변이에 대한 연구가 필수적이다. 이 때문에 우량집단을 선발하고 현지 유전자원보존림 조성 및 수형목 선발 등을 체계적으로 추진하기 위해서는 집단간, 또는 집단내 개체목 간의 변이의 크기와 내용을 알고 집단 간의 유연관계를 밝

혀주는 기초 연구에 더 주력할 필요가 있다.

본 연구는 우리나라 굴참나무 천연집단의 염형질 변이(송정호 등, 2000)에 이어서 정아와 측아의 형태를 주로한 집단간 및 집단내 개체목간 변이를 조사 분석하므로써 부분적이거나 지리적 변이의 내용을 구명하고 굴참나무 선발육종을 위한 기초 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 대상 천연집단

굴참나무 동아 변이를 조사하기 위하여 Table 1에서 보는 것처럼 굴참나무 천연집단이 우리나라 전지역에 고르게 선발되도록 위도, 경도, 해발고도 및 지리적 특성을 고려하여 경기도 포천에서 전라남도 계룡산까지 16개 집단을 선발하였다.

2. 방법

1) 수형 특성

각 집단별로 집단내에 50m×50m의 조사구를 선정하고 30본을 임의로 선발하였다. 이들의 외형적 특성인 수고, 근원경, 흉고직경, 수관폭, 지하고 및 역지직경을 측정하였다.

2) 동아 특성

휴면기(11~3월)에 각 집단별로 개체목당 수관 1/3 하단부에서 각각 30개의 정아와 측아를 고르게 채집하여 각각 길이 및 폭을 측정하고 분산분석(일원배치법, nested design)을 실시한 후 집단간의 유연관계(complete linkage cluster analysis)를 분석하였다. 이상의 통계분석은 윈도우용 SAS program v6.12를 사용하였다.

Table 1. The general description of populations investigated.

Population	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Slope (°)	Effective soil depth (cm)	Aspect
Pochun	37° 46'	127° 11'	540	10	40	NE
Inje	38° 00'	128° 10'	450	35	15	S
Yangpyong	37° 26'	127° 26'	500	15	20	S
Duckduwon	37° 53'	127° 38'	400	10	70	S
Donghae	37° 26'	128° 59'	420	5	30	NE
Mt. Jiri	35° 20'	127° 34'	570	10	20	EW
Mt. Togyu	35° 50'	127° 47'	580	20	30	SE
Mt. Kumo	36° 07'	128° 20'	510	10	40	NE
Mt. Kaya	35° 50'	128° 07'	480	35	70	S
Mt. Kaji	35° 38'	129° 04'	530	10	80	SE
Mt. Mani	37° 40'	126° 20'	400	15	50	NE
Mt. Chilgap	36° 22'	126° 55'	420	25	45	ES
Mt. Chuwang	36° 24'	129° 08'	470	30	30	S
Mt. Worak	36° 49'	128° 10'	560	20	60	E
Mt. Baekun	37° 15'	127° 58'	490	30	65	SW
Mt. Kyeryong	36° 19'	127° 12'	510	20	70	SW

Table 2. The growth forms of individual trees of *Q. variabilis* for the present study.

Population	Height (m)	Diameter (cm)		DBH (cm)	Crown width (m)	Clear length (m)
		Basal	Power shoot			
Pochun	18.1±2.7 ¹⁾	46.1±1.70	12.1±6.6	38.2±9.4	5.9±2.0	9.3±3.2
Inje	12.0±2.7	29.8±12.0	8.6±6.4	24.7±11.0	4.8±1.7	3.9±1.5
Yangpyong	13.5±1.7	23.9±4.20	3.9±2.3	17.9±3.3	4.2±1.0	5.9±5.9
Duckduwon	10.9±1.8	18.1±3.00	2.1±0.7	13.3±2.4	2.7±0.6	4.8±1.5
Donghae	16.7±4.4	29.6±5.90	4.8±3.2	23.5±5.6	3.6±1.3	9.1±3.3
Mt. Jiri	11.6±1.4	24.3±9.70	4.6±3.4	17.6±7.8	4.6±1.4	5.3±1.3
Mt. Togyu	14.6±1.1	33.6±11.1	7.9±4.7	29.4±8.9	4.7±1.4	8.1±2.0
Mt. Kumo	9.4±1.3	29.6±7.20	7.7±3.7	23.1±6.0	5.2±1.5	2.7±0.6
Mt. Kaya	10.3±1.5	25.9±8.60	6.0±3.1	21.0±7.4	4.8±1.9	3.4±1.1
Mt. Kaji	9.4±2.1	29.9±7.10	8.8±2.8	23.1±5.7	5.4±1.6	2.7±0.7
Mt. Mani	7.4±1.7	20.5±4.40	6.1±3.4	15.2±3.5	4.3±0.8	2.4±0.6
Mt. Chilgap	14.5±1.5	25.4±5.20	5.4±1.9	19.3±3.9	2.5±0.8	6.5±1.7
Mt. Chuwang	10.3±1.9	25.6±6.80	5.9±2.9	19.2±7.3	2.8±1.1	4.9±2.3
Mt. Worak	9.7±1.3	25.9±7.90	5.9±3.2	20.2±6.4	5.1±1.9	2.9±0.8
Mt. Baekun	14.6±1.7	32.6±6.90	4.8±2.6	24.7±5.3	4.9±1.8	6.3±2.7
Mt. Kyeryong	10.3±2.1	23.2±2.90	6.9±3.2	17.7±3.1	3.5±0.9	3.6±1.7

¹⁾: Mean±standard deviation.

결과 및 고찰

1. 수형 특성

각 굴참나무 천연집단의 개체목별 생장 및 수형 특성을 측정하여 정리한 결과는 Table 2와 같다. 생장특성에 있어 수고, 근원경, 역지직경, 흉

고직경, 수관폭 및 지하고는 각각 7.4m(마니산)~18.1m(포천), 18.1cm(덕두원)~46.1cm(포천), 2.1cm(덕두원)~12.1cm(포천), 13.3cm(덕두원)~38.2cm(포천), 2.5m(칠갑산)~5.9m(포천), 2.4m(마니산)~9.3m(포천) 범위로 다양하였다. 특히, 포천집단은 모든 특성에 있어 최대 평균치를 나타

내었으며, 덕두원집단은 근원경과 역지직경에 있어 마니산집단은 흉고직경과 지하고에 있어 최소 평균치를 보였다.

2. 동아 특성

동아 특성에 대한 각 집단별 평균값은 Table 3에 나타내었으며, 모든 동아 특성에서 각 집단내의 개체간에 고도의 유의성이 인정되었다.

정아길이의 전체 평균치는 7.9cm이고, 금오산집단이 11.3cm로 최대치를 보였으며 인제집단이 6.9cm로 최소치를 나타내었다.

정아폭의 전체 평균치는 3.2cm이고, 금오산집단이 3.7cm로 최대치를 보였으며 인제집단과 마니산집단이 3.0cm로 최소치를 나타내었다.

측아길이의 전체 평균치는 7.1cm이고, 금오산집단이 8.9cm로 최대치를 보였으며 가야산집단이 6.1cm로 최소치를 나타냈다.

측아폭의 전체 평균치는 2.8cm로 금오산과 칠갑산집단이 3.1cm로 가장 컸고 가야산과 주왕산집단이 2.5cm로 가장 작았다.

임목의 동아 상태는 가지의 성장정도 및 활력을 가늠할 수 있는 중요한 것으로 특히, 금오산집단은 모든 동아 형질에서 최대 평균치를 보여 생장이 가장 우수한 집단으로 나타났으며, 인제집단과

가야산집단은 각각 정아형질과 측아형질에 대하여 가장 작은 성장을 보였다.

분산분석 결과 모든 동아 특성에서 유의성이 인정되었으나, 특성치 간의 비교분석이 어려워 변이계수 값을 비교하였다(Table 4).

동아 특성별로 변이계수 값을 비교해보면 정아에 있어 길이는 전체 평균치가 23.3%이고, 칠갑산집단이 15.3%로 최소치를 보인 반면 주왕산집단은 24.6%로 최대치를 나타내었다. 또한 정아폭은 전체 평균치가 17.6%이고, 가야산집단이 13.1%로 최소치를 보인 반면 양평집단이 20.6%로 최대치를 나타내었다. 그리고 측아 특성에 있어 길이는 전체 평균치가 22.0%이고, 칠갑산집단이 16.7%로 최소치를 보인 반면 주왕산집단이 25.3%로 최대치를 나타내었다. 또한 측아폭은 전체 평균치가 21.6%이고, 덕유산집단이 15.4%로 최소치를 보인 반면 덕두원집단이 25.2%로 최대치를 나타내었다.

동아 특성에 대한 변이계수 값은 모든 형질에서 20% 내외로 비교적 균일한 값을 나타내어 집단간 변이가 작은 것으로 나타났다. 또한 굴참나무 전체 집단에 대한 동아 특성의 변이계수 값은 정아길이, 측아길이 및 측아폭에 비해 정아폭의 변이가 다소 작은 것으로 나타났다.

Table 3. Morphological characteristics of winter buds for 16 natural populations of *Q. variabilis*.

Population	Terminal bud		Lateral bud	
	Length(cm)	Width(cm)	Length(cm)	Width(cm)
Pochun**	7.2±1.47 ¹⁾	3.3±0.60	6.5±1.48	2.6±0.58
Inje**	6.9±1.38	3.0±0.56	6.7±1.34	2.7±0.53
Yangpuong**	7.7±1.60	3.3±0.69	7.4±1.72	2.9±0.67
Duckduwon**	7.5±1.47	3.1±0.55	6.9±1.47	2.6±0.66
Donghae**	7.8±1.44	3.3±0.47	6.8±1.49	2.7±0.51
Mt. Jiri**	7.7±1.34	3.1±0.49	7.7±1.31	2.9±0.51
Mt. Togyu**	7.2±1.21	3.2±0.44	6.8±1.18	2.8±0.43
Mt. Kumo**	11.3±2.56	3.7±0.55	8.9±2.17	3.1±0.66
Mt. Kaya**	7.3±1.28	3.1±0.41	6.1±1.24	2.5±0.50
Mt. Kaji**	8.2±1.41	3.5±0.59	7.1±1.45	3.0±0.60
Mt. Mani**	7.1±1.15	3.0±0.61	6.7±1.15	2.9±0.60
Mt. Chilgap**	8.4±1.29	3.4±0.53	8.0±1.34	3.1±0.52
Mt. Chuwang**	9.1±2.25	3.2±0.58	6.7±1.68	2.5±0.56
Mt. Worak**	7.9±1.57	3.2±0.54	7.3±1.47	2.8±0.61
Mt. Baekun**	7.7±1.19	3.1±0.46	7.3±1.30	2.8±0.57
Mt. Kueryong**	7.6±1.20	3.2±0.58	7.2±1.23	2.8±0.58
Mean	7.9±1.06	3.2±0.19	7.1±0.67	2.8±0.19

** : Difference at the 1% significance level among individuals within population.

¹⁾ : Mean ± standard deviation.

Table 4. Coefficients of variation for morphological traits of winter buds in 16 *Q. variabilis* populations.

Population	Terminal bud		Lateral bud	
	Length	Width	Length	Width
Pochun	20.4	18.5	22.9	22.4
Inje	20.1	18.6	20.1	19.9
Yangpuong	20.7	20.6	23.2	23.2
Duckduwon	19.5	18.1	21.4	25.2
Donghae	18.5	14.2	21.8	19.0
Mt. Jiri	17.3	15.7	17.0	17.6
Mt. Duckyu	16.8	13.5	17.3	15.4
Mt. Kumo	22.7	15.0	24.3	21.1
Mt. Kaya	17.5	13.1	20.3	20.5
Mt. Kaji	17.2	16.9	20.3	20.3
Mt. Mani	16.2	20.1	17.1	20.4
Mt. Chilgap	15.3	15.4	16.7	16.8
Mt. Chuwang	24.6	17.9	25.3	22.8
Mt. Worak	19.8	16.7	20.1	21.9
Mt. Baekun	15.5	14.7	18.0	20.7
Mt. Kueryong	15.9	17.9	17.1	20.4
Mean	23.3	17.6	22.0	21.6

이들 측정치를 가지고 집단간, 집단내의 개체간 및 개체내 변이의 유의적인 차이를 검정한 결과와 그 기여도는 Table 5에 나타내었다.

굴참나무 집단은 조사 분석한 모든 동아 특성에서 집단간 및 집단내의 개체간에 고도의 유의적인 차이를 인정할 수 있었다. 또한 분산기여도는 집단간에 6.0%~15.9%이고, 집단내의 개체목간에 25.9%~31.2%로 나타나 굴참나무의 동아 특성은 집단간보다 집단내의 개체간에 변이량이 큰 것으로 나타났다.

특히, 굴참나무 집단의 엽형질 특성에서 엽신장/최대엽폭, 상 $\frac{1}{2}$ 폭/최대엽폭, 상 $\frac{1}{3}$ 폭/하 $\frac{1}{3}$ 폭 및 엽맥수 특성을 제외하고는 모든 엽특성에서

30% 이상의 변이계수 값을 보여 동아 특성과는 다소 차이를 나타내고 있으나, 분산기여도에서 집단간보다 집단내 개체목간에 큰 값을 보인 엽형질 특성과는 유사한 경향을 보이고 있다(송정호 등, 2000). 김지문 등(1984, 1985)은 참나무류의 기공형질과 엽형변이에서 수종간, 집단간 및 집단내 개체간 고도의 유의성이 있음을 밝히고, 신갈나무는 다른 집단에 비해서 집단간에 심한 변이를 보인 반면 굴참나무는 그 반대의 경향을 나타냄을 보고하였으며, 노의래 등(1991)은 거제수나무 천연 집단의 생장 및 생장형태를 조사하고 변이계수에 의한 집단간의 변이오차를 분석한 결과 30년생 이후부터는 집단간의 차이가 없는 것으로 나타나 거제수나무의 경우 집단간보다는 개체변이를 이용하는 육종이 바람직한 것으로 보고한 바 있다.

굴참나무 4가지 동아 특성과 지리적 특성에 대해 상관분석한 결과 정아길이는 측아길이 및 폭과, 측아폭은 정아폭 및 측아길기와 정아의 상관관계를 나타내었다(Table 6). 또한 지리적 변이에 있어 위도는 동아 특성의 형질 중 정아폭과, 경도는 정아길이 및 측아길기와 정아의 상관관계를 나타내었다.

Table 6. Simple correlation coefficients among latitude, longitude, altitude and winter bud morphological characters.

	Terminal bud		Lateral bud	
	Length (X ₁)	Width (X ₂)	Length (X ₃)	Width (X ₄)
X ₂	0.2844			
X ₃	0.9138**	0.2093		
X ₄	0.5658*	0.5702*	0.6521*	
Latitude	0.1909	0.5634*	0.2308	0.4851
Longitude	0.5214*	-.2850	0.5794*	0.1669
Altitude	0.0445	-.2336	-.0523	-.2471

**and * : Difference at the 1% and 5% significance level, respectively.

Table 5. Contribution of each variance source in the variance of winter bud characteristics.

Variance source	Terminal bud		Lateral bud	
	Length	Width	Length	Width
Among Population	403.79** (15.9)	20.41** (6.0)	209.66** (9.2)	27.25** (7.9)
Among Individual Trees within Population	22.18** (25.9)	2.78** (26.2)	22.25** (31.2)	3.12** (28.5)
Error	1.56 (58.3)	0.22 (67.8)	1.34 (59.6)	0.22 (63.6)

** : Difference at the 1% significance level, () : Contribution percentage of variance.

동아 특성에 대해 군집 분석한 결과는 Figure 1에서 보는 바와 같이 Euclidean Distance 3.4에서 2개의 그룹 즉, 동아 성장이 가장 우수한 금오산집단이 유일하게 단일 집단으로 독립적인 집단을 형성하는 I 그룹(Pop. 8)과 나머지 집단인 II 그룹(Pop. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16)으로 나뉘었으며, Euclidean Distance 1.5에서는 II 그룹이 다시 동아 성장이 제일 작은 집단인 Pop. 1, 2, 7, 9 및 11의 군집(II-1 그룹)과 동아 성장이 중간 정도의 집단인 Pop. 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 15 및 16의 군집(II-2 그룹)으로 나뉘어 Euclidean Distance 1.2 이상에서 총 III 그룹으로 분리되었다.

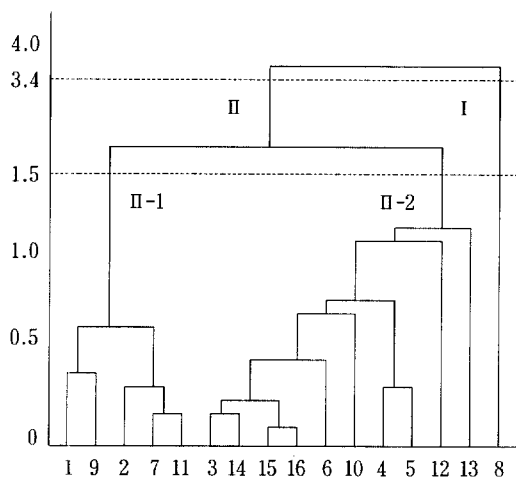


Figure 1. Dendrogram by complete linkage method using winter bud characters.

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

이상과 같이 굴참나무 천연집단의 동아형질 변이는 동아의 4개 형질만을 이용하여 조사형질이 다소 적었지만 동아의 크기별 대소에 따라 상·중·하로 크게 3그룹으로 분리됨을 알 수 있었다. 이러한 군집의 유형은 Table 2의 성장특성 및 지리적 경향들과는 연관성이 낮으나 각 집단별 개체목의 수령 및 각 집단이 생육하는 임분 자체의 특성인 토양 양료 함량의 차이로 인한 것으로 사료되며, 금후 이에 대한 연구도 수행할 것이다.

최현섭(1982)은 참나무류에 대한 엽특성과 광합성과의 관계에서 높은 광합성율이 엽성장율을 증가시키는 중요한 요인이라 하였고, 김지문 등(1984, 1985)은 참나무류의 기공형질과 엽형변이에서 수중간 유전자의 교류가 있음을 인정하고 엽신장/최대엽폭, 엽신장/엽병장 및 엽신장/엽맥수 지수에 대한 북부집단의 엽형은 신갈나무의 독특한 특성과 더 유사하고 남부집단은 졸참나무의 독특한 특성을 더 많이 지니고 있음을 밝혔다. 또한 강영제 등(1990)은 해발고에 따른 한라산 구상나무의 구과 및 침엽특성에서 해발고가 높아질수록 침엽장, 구과장 및 수관비는 낮아지는데 반하여 침엽폭, 침엽의 수 및 엽형지수는 증가하였다고 하였다. 김찬수 등(1994)은 후박나무 선발집단의 엽형질 및 종자 형질을 사용하여 군집분석을 수행한 결과 크게 3개의 군으로 유집되었는데 대체로 지리적 거리 특히 위도상의 거리에 의해 구분되어 후박나무의 엽 및 종자의 형질변이는 기후적인 요인 특히 온도에 큰 영향을 받는 것으로 보고하였다.

인용문헌

1. 강영제 · 김선창 · 김원우 · 김찬수 · 박용배. 1990. 海拔高에 따른 漢拏山 구상나무의 毬果 및 針葉特性的 變異. 林木育種研究報告 26 : 119-123.
2. 김용욱 · 윤양 · 노의래. 1995. 굴참나무 미숙 배로부터 체세포배유도 및 발아. 林木育種研究報告 31 : 147-152.
3. 김지문 · 권기원 · 문홍규. 1984. 참나무 天然集團의 氣孔形質變異. 韓國林學會誌 66 : 82~94.
4. 김지문 · 권기원 · 문홍규. 1985. 참나무 天然集團의 葉型變異. 韓國林學會誌 71 : 82~89.
5. 김찬수 · 강영제 · 고정근 · 조이명. 1994. 후박나무 選拔集團의 葉形 및 種子의 形質 變異. 林木育種研究報告 30 : 85-92.
6. 노의래 · 김장수 · 구영본 · 이성규. 1991. 거제수나무 天然集團의 生長 및 生長形態. 林木育種研究報告 27 : 10-18.
7. 노의래. 1988. 氣象因子에 依한 우리나라 主要山林樹種의 生育條件 및 適地適樹. 林木育種研究報告 24 : 138-191.
8. 문홍규. 1993. 참나무類의 器內培養, 挿木 및 再幼齡化 特性. 江原大學校 博士學位論文.

9. 문홍규·이재선. 1993. 참나무類의 再幼齡化에 따른 葉型 및 氣孔密度的 變化. 林木育種研究報告 29 : 121-126.
10. 송정호·박문한·문홍규·한상익·이재선. 2000. 굴참나무 天然集團의 葉型 變異. 韓國林學會誌 89 : 666~677.
11. 안진권·조동광·이위영·이문호. 1993. 참나무類의 接木不和合성에 關한 研究-클론保存園에서의 接木不和合性 發生率調査-. 林木育種研究報告 29 : 127-134.
12. 이재선·문홍규. 1990. 木本植物의 再幼齡化. 江原大學校 山林科學研究所 森林科學研究報告 7 : 7~21.
13. 임목육종연구소. 1995. 참나무. pp. 187.
14. 최현섭. 1982. 韓國產 참나무屬의 葉成長과 光合成의 特性에 關한 研究. 慶熙大 生物學科碩士學位論文 pp. 37.
15. Burschel, P. and J. Huss. 1987. Grundriß de Waldbaus. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
16. Cecich, R. 1997. The continuum between flowers and acorns. pp. 220-234. Proc. of the 2. Meeting of IUFRO Working Party 2.08.05, Genetics of *Quercus*. Oct. 12-17, 1997. Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA.
17. Chalupa, V. 1979. In vitro propagation of some broad-leaved forest trees. Communicationes Instituti Forestilis Cechosloveniae 11 : 159-170.
18. Kleinschmit, J. 1986. Oak breeding in Germany, experiences and problems. IUFRO Conference Proceedings, Octo. 13-17, Williamsburg, Virginia. pp.250-258.