

노각나무 6 개 天然集團의 葉形質 變異

김영중 · 김기철 · 이병실 · 이갑연 · 조경진 · 강진택* · 김태동

국립산림과학원 산림종자연구소

The Variation of Leaf Characteristics in 6 Natural Populations of *Stewartia koreana* Nakai

Young-Jung Kim, Kee-Chul Kim, Byung Sil Lee, Gab-Yeoun Lee
Kyoung-Jin Cho, Jin Taek Kang* and Tae-Dong Kim

Forest Seed Research Center, Korean Forest Research Institute, Chungju 380-941, Korea

요 약: 노각나무의 천연분포지의 집단간 변이를 알아보기 위하여 조사지의 집단별 엽형질 형태적 특성을 분석한 결과, 엽병장과 거치수를 제외한 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽맥수에서 금산 집단이 타 집단보다 비교적 적게 나타나는 경향을 보였다. 각 형질중 엽병장과 엽면적을 제외한 형질의 변이 계수는 11.6~17.4%로 비교적 변이의 폭이 적은 반면, 엽병장과 엽면적은 집단간 변이계수가 각각 34.9%, 28.4%로 그 변이가 심하였으며, 이들 형질의 집단내 변이계수도 엽병장이 29.5~42%, 엽면적은 27.7~40.7%의 범위로 변이폭이 크게 나타났다. 또한, 12개 엽특성간 단순상관 분석결과, 엽폭과 엽면적이 상관관계가 가장 높고($r=0.975$) 다음이 엽장×엽면적, 엽장×엽폭이 각각 상관계수 0.971과 0.969로 매우 높았으며, 엽저각과 엽형지수간에는 높은 부의상관($r=-0.843$)을 나타내어 엽저각이 커질수록 엽형지수는 작아지는 관계를 나타냈다. 양적 질적 측정치의 유사성(similarity)에 대한 척도로서 선발집단의 엽특성을 대상으로 군집분석을 실시한 결과, 거리수준 0.4에서 제 1군은 조계산, 가야산 집단, 제2군은 백운산집단, 제 3군은 운문산, 무등산집단 그리고 제 4군은 금산집단으로 4개의 군으로 구분할 수 있었다. 거리수준 0.6에서 2군으로 구분할 수 있었으며, 제 1군은 금산집단, 제 2군은 무등산, 운문산, 백운산, 가야산, 조계산 집단으로 구분되었다. 특히, 금산 집단은 엽장, 엽폭, 엽면적 그리고 엽맥수의 엽형질 특성에 있어서 나머지 5개의 집단과 분명한 차이를 보이고 있었다. 추출된 12개 주성분 중에서 고유값(eigenvalue)이 1.0이상으로 의미를 갖는 주성분은 5가지 나타났으며, 전체분산에 대한 상위 2개 주성분의 설명력은 52.7%로 엽장, 엽폭의 엽형질이 기여도가 가장 높게 나타났으며, 5개 주성분을 모두 포함할 경우의 설명력은 91.3%였다.

Abstract: In order to examine the natural distribution variations between groups of the *Stewartia koreana*, the leaf form characteristics of the investigation sites were analyzed by each group. As a result, the Mt. Kumsan group showed a smaller value in leaf length, width, area, and the number of veins, but not in the petiole length and serration number. Among each character, the coefficient of variation(CV) of the characters excluding petiole length and leaf area was in a comparatively narrow range, from 11.6~17.4%. On the other hand, the CV of petiole length and leaf area between the groups was 34.9% and 28.4% respectively. The CV of these characters within the group was also extraordinary- petiole length showed 29.5~42% and leaf area showed 27.7~40.7%. Also, the simple correlation analysis between 12 leaf characteristics showed that the correlation between leaf width and leaf area was high ($r=0.975$). The correlations between leaf length and leaf area, between leaf length and leaf width were 0.971 and 0.969, respectively. A negative correlation between angle of leaf base and ratio of leaf length to leaf width was discovered ($r=-0.843$), meaning that the ratio of leaf length to leaf width decreases as angle of leaf base increases. A cluster analysis was enforced among leaf characteristics of the selected group as a standard on the similarity of quantitative, qualitative measurements. The results showed that at a 0.4 distance level, the subjects could be classified into 4 groups. Group 1 was the Mt. Jogyesan and Mt. Kayasan group, group 2 was Mt. Paegunsan, group 3 was Mt. Unmunsan and Mt. Mudungsan, and group 4 was Mt. Kumsan. At a distance level of 0.6, the subjects were classified into two groups. Group 1 was the Mt. Kumsan group and group 2 was Mt. Mudungsan, Unmunsan, Paegunsan, Kayasan, and Chogyesan. Especially, the Mt. Kumsan group had the smallest value in the leaf characteristics of leaf length, width, area, and the

*Corresponding author
E-mail: beg8bune@foa.go.kr

number of veins, showing an obvious difference from the other five groups. There were five principal components that had a meaningful eigenvalue over 1.0 among the 12 extracted components. The explanatory power of the top two main components (leaf length and width) on the total variation was 52.7%. The explanatory power was 91.3% when all 5 main components were included.

Key words : angle of leaf base, cluster analysis, number of veins, petiole length, ratio of leaf length to leaf width, *Stewartia koreana*, serration number

서론

차나무과에 속하는 노각나무(*Stewartia koreana* Nakai)는 내음성이 강하고 공해에 잘 견디는 수종으로 6월말부터 8월에 걸쳐 흰색의 동백꽃 모양의 꽃이 피고, 수피의 모양이 모과나무의 수피와 비슷한 홍황색의 광택이 나는 비단과 같은 얼룩무늬 수피를 가지고 있어 멀리서 보아도 눈에 띄일 정도로 아름다운 모습을 지녔으며, 가을에는 단풍의 아름다움도 커 조경 및 원예적 가치가 높은 수종이다. 뿐만 아니라, 목질이 단단하고 결이 고와서 고급 가구재나 장식재로 이용되고 있는 유용수종으로서, 전 세계적으로 동아시아와 북미지역에 8종이 분포되며, 일본에는 2종이 분포하고 한국에는 1종만 분포하는데 그 중에 우리나라 품종이 가장 아름다운 것으로 인정되고 있다.

노각나무는 한국이 원산지로서 가야산, 지리산, 소백산, 운문산 등 전남과 경남북 지역에 주로 분포하는 향토수종으로서 수고가 20 m 내외의 교목이며 세지가 발달하고 외형이 정연하여 조경수로서 개발이용의 필요성이 고조되고 있는 수종 중의 하나이나 동일지역에서도 개체간의 형태적 특성의 변이가 커서 신품종 육성 가능성이 높다(심경구 등, 1992).

임목의 형질은 유전자의 활동에 기본을 두고 있으며, 자생지의 위도, 경도, 기상, 토양 등의 환경조건에 의하여 수형, 잎 및 꽃 등 형태적 특성의 지리적 변이가 존재되고 있다는 것은 많은 연구들에서 보고되고 있으며(이강녕, 김현권, 1982; 현정오, 1984; 김용식, 1885; 이상철, 1990), 이러한 임목 집단의 유전적 구조를 분석하는 방법으로는 외부형태의 변이분석과 동위원소의 유전구조 양상을 구명하는 생화학적 접근 방법이 보편화되어 있다. 이와 같은 외부 형태적 특성을 통하여 유전변이를 구명하기 위해서는 가능한 많은 집단을 대상으로 각 집단의 변이를 명확히 대표할 수 있는 형질을 선정하여야 한다.

임목의 형질개량이나 종의 특성을 파악하기 위해서는 그 수종집단에 대한 유전적 구성이나 형질 변이에 대한 연구가 필수적이기 때문에 전통적인 조립수종인 침엽수에서는 비교적 많은 연구가 이루어져 왔으나, 활엽수에 대해서는 형질변이에 대한 연구가 많지 않은 실정이다. 이

러한 활엽수에 대한 형태적 특성 및 유전변이에 관한 연구로, 김용식(1981)은 우리나라 동백나무 집단의 형태적 특성 및 유전변이에 관한 연구에서 동백나무의 엽장, 엽폭, 엽면적, 거치수 및 엽병장은 집단간에 유의적인 차이가 있다고 하였으며, 김영모(1995)는 우리나라 상수리나무 집단의 엽특성 변이분석을 실시한 결과 집단간 및 집단내 개체간에 고도의 유의차를 인정할 수 있었으나 지리적 또는 기후적 변이성은 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한 황중(1977)은 지리산의 신갈나무와 졸참나무의 해발고별 형질변이성을 조사한 결과 엽장은 표고가 높아질수록 길어지는 반면 엽폭은 좁아지는 경향을 보인다고 보고하였다. 이러한 많은 연구에도 불구하고 노각나무의 엽형질 특성에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서, 본 연구는 우리나라 노각나무 천연 분포지에서 우수한 집단을 선발하여 이들 집단에 대한 엽형질 특성을 조사하고 변이를 구명함으로써 금후 육종의 기초자료로 제공하고 자 한다.

재료 및 방법

1. 공시 재료

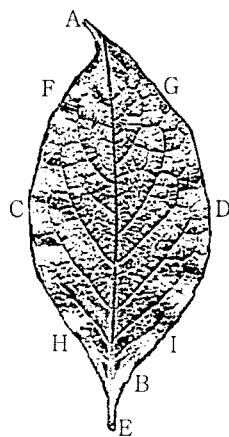
본 연구에 사용된 재료는 가야산, 운문산, 금산, 조계산, 백운산, 무등산 등 6지역의 노각나무 33~65년생의 선발 천연집단에서 집단별로 우량개체 5~7본씩 총 후보목 35본의 수관 상부의 일정한 부분으로부터 엽 시료를 20엽씩 채취하였다. 잎의 채취시 수관내 층위별 및 방위별의 엽형 특성은 층위간에는 유의차가 없어 시료 채취는 수관부위를 일정하게 하고 방위에는 관계없이 채취해도 무관한 것으로 보고되고 있다(최선기 등, 1987; 김지문 등 1985). 그리고 Semerikow(1986)는 한 개체목당 3~5개의 엽을 채취하여 엽의 특성을 조사하여도 충분하다고 하였다. 시료 채취 시 맹아지 등을 제외함으로써 개체 내 변이에 영향을 크게 미칠 수 있는 요인을 최소화시켰다.

2. 조사지 개황

본 연구는 인위적인 피해가 없는 천연집단을 이루고 있는 가야산, 운문산, 금산, 조계산, 백운산, 무등산 등 6지역을 노각나무의 조사대상지로 선정하였다. 조사 대상지의 입지 및 생육환경은 Table 1에서 보는 바와 같이, 경사

Table 1. General description of the selected populations of *Stewartia koreana*.

Population	Site factors					Growth factors		
	Slope (°)	Aspect	Altitude (m)	Latitude (°')	Longitude (°')	Height (m)	DBH (cm)	Crown width(m)
Mt. Kumsan	5	NW	490	34 45	127 59	12.8	21.7	7.0
						11-14	20.2-24.6	6.0-8.0
Mt. Chogyesan	10	SW	260	34 59	127 21	14.1	26.1	7.3
						12-16	21.5-34.5	7.0-8.0
Mt. Mudungsan	10	SW	380	35 06	126 56	13.6	20.9	6.8
						12-15	17.0-24.0	6.0-7.0
Mt. Paegunsan	5	SW	570	35 07	127 35	13.4	18.4	5.8
						12-15	18.0-20.0	5.0-7.0
Mt. Unmunsan	5	SW	360	35 39	128 00	13.6	23.8	5.8
						11-16	18.0-35.0	4.0-8.5
Mt. Kayasan	10	NW	650	35 47	128 05	13.2	19.0	6.2
						11-15	13.0-27.0	5.0-8.0



Morphological characteristics

- X1 : Leaf blade length(A-B)
- X2 : Leaf width(C-D)
- X3 : Petiole length(B-E)
- X4 : Leaf area
- X5 : Serration number
- X6 : Vein number
- X7 : Angle of leaf apex(F-A-G)
- X8 : Angle of leaf base(H-B-I)
- X9 : Ratio of leaf length to leaf width(X1/X2)
- X10 : Ratio of petiole length to leaf length(X3/X1)
- X11 : Ratio of serration number to leaf length(X5/X1)
- X12 : Ratio of vein number to leaf length(X6/X1)

Figure 1. Diagram of the morphological characteristics of the leaf of *Stewartia koreana*.

는 5~10° 사이로 대체적으로 완만한 경사를 이루고 있으며, 방위는 주로 SW, NW, 해발 380~650 m, 위도와 경도는 34°~35°, 126°~128° 의 입지조건에 천연집단을 이루고 있었다. 조사지내의 평균 수고, 흉고직경 그리고 수관폭 범위는 12 m~16 m, 13.0 cm~35.0 cm, 7.0 m~8.0 m으로 조계산 천연집단이 가장 좋은 생육상태를 보이고 있었다.

3. 조사방법

측정 대상형질은 엽장, 엽폭, 엽병장, 엽면적, 거치수, 엽맥수, 엽선각, 엽저각 등 8개의 형질을 측정하였으며(Figure 1), 이들 상호간 크기의 비에 의하여 4개의 엽형지수 즉 엽장/엽폭, 엽병장/엽장, 거치수/엽장, 엽맥수/엽장을 산출하였고, 선발집단의 집단간, 집단내 개체목간 변이 및 엽특성간 상관분석을 실시하였다. 측정결과에 대한 집단간 집단내 개체목간의 변이분석 및 유의성 검정은 분산분석을 실시하였으며, 집단간 유전적 유사성은 주성분 분석과 유집분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 엽형질 변이

노각나무 6집단의 집단별 엽형질을 조사한 결과 각 집단 및 전체집단에 대한 평균, 표준편차, 변이계수는 Table 2와 같다.

전체 집단의 범위는 엽장 3.9~13.2 cm, 엽폭 2.1~7.1 cm, 엽병장 0.2~1.9 cm, 엽면적 5.5~66.7 cm², 거치수 10~58개, 엽맥수 4~16개이었으며, 엽병장, 거치수를 제외한 엽장, 엽폭, 엽면적, 엽맥수에서는 금산 집단이 타 집단보다 비교적 적게 나타나는 경향을 보였다. 금산 집단이 타 집단에 비해 가장 작게 나타난 것은 잎의 형태적 특성에 영향을 미치는 입지환경(Dancik and Barnes, 1975) 등 여러 가지 요인이 작용하고 있겠지만, 지리적으로 위도상 34° 46' 00" 으로 6집단내에서 가장 낮게 위치해 있고, 30년의 연평균 기온 및 강수량이 14.0°C, 1,796 mm(기상연보, 2005)로 의 차이가 다른 지역에 비해 월등히 차이를

Table 2. Leaf characteristics from investigated populations of *Stewartia koreana*.

Char.	Mt. Kumsan		Mt. Chogyesan		Mt. Mudungsan		Mt. Paegunkunsan		Mt. Unmunsan		Mt. Kayasan	
	Mean ± S.D.	C.V.	Mean ± S.D.	C.V.	Mean ± S.D.	C.V.	Mean ± S.D.	C.V.	Mean ± S.D.	C.V.	Mean ± S.D.	C.V.
X1	6.9±10.4	15.1	9.6±1.59	16.6	8.6±1.92	22.3	9.0±1.27	14.0	8.9±1.27	14.2	9.5±1.41	14.8
X2	3.7±0.72	19.8	4.9±0.97	20.1	4.3±0.86	20.0	4.7±0.73	15.5	4.6±0.81	17.5	5.1±0.75	14.9
X3	0.7±0.24	35.5	0.7±0.27	36.7	0.6±0.20	35.3	0.8±0.23	29.5	0.9±0.34	37.0	0.7±0.28	42.0
X4	18.1±6.14	34.0	33.9±11.89	35.1	25.6±10.40	40.7	31.9±8.86	27.7	28.0±8.74	31.2	33.2±9.36	28.2
X5	31.3±6.69	21.3	33.5±7.47	22.3	29.1±5.88	20.2	36.4±9.08	24.9	34.6±7.09	20.5	31.7±5.98	18.9
X6	6.3±0.93	14.6	8.6±2.01	23.3	10.4±1.74	16.8	7.7±10.6	13.7	11.2±1.49	13.3	12.0±1.65	13.8
X7	49.8±9.91	19.9	54.8±13.08	23.9	50.7±7.46	14.7	44.2±7.72	17.5	51.5±8.08	15.7	54.7±7.35	13.4
X8	94.2±14.80	15.7	88.3±11.34	12.8	89.4±12.59	14.1	93.3±13.28	14.2	87.2±11.63	13.3	98.9±14.73	14.9
X9	1.9±0.25	13.1	2.0±0.17	8.3	2.0±1.9	9.5	1.9±0.21	11.0	1.9±0.22	11.5	1.9±0.16	8.4
X10	9.8±3.58	36.7	7.6±2.87	37.6	6.7±2.22	33.3	8.6±2.85	33.0	10.3±4.06	39.3	7.0±2.50	35.8
X11	462.0±109.87	23.8	342.9±73.69	21.5	347.0±74.91	21.6	410.4±117.14	28.5	390.6±81.0	20.7	331.3±73.68	22.2
X12	93.4±15.93	17.0	91.7±23.91	26.1	124.9±29.80	23.9	86.6±13.20	15.2	126.8±21.93	17.3	127.4±17.61	13.8

Table 3. Analysis of variance on leaf characteristics of *Stewartia koreana*.

Source of variation	F-values											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
Among population	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	88.46	63.24	27.05	71.34	22.42	348.74	23.11	18.48	6.53	30.56	69.33	205.65
Among indivi./pop.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	10.78	10.06	3.35	9.95	16.17	11.23	8.43	12.93	9.57	3.99	23.59	23.74

** : significance at the 1% level

보이고 있는 것도 중요한 요인으로 작용했으리라 판단된다(김찬수 등 1994). 특히, 강수량보다는 위도와 기온이 엽형변이에 비해 더 많은 영향을 미친다는 기존의 여러 연구결과들에 의해 밝혀져 있다. 수종은 다르지만 이와 유사한 결과들로 이석우 등(1997), 변광옥(1999), 송정호(2002), 안상영 등(2002)의 연구에서도 지리적으로 위도가 낮은 집단들이 대체적으로 잎형질 특성이 작게 나타나는 경향이 있었으며, 김용식(1986)은 해안 및 도서지역이 내륙지역보다 엽폭이 좁아지는 경향이 있다고 보고한 바 있다. 또한, Yakovlev(1997)는 소련의 Privolzhskaja 지역의 *Q. robur*의 37개 집단의 11가지 엽특성을 조사한 결과 Privolzhskaja의 남부지역에서 북부지역으로 이동 할 수록 엽특성이 커지는 지리적인 변이특성을 나타낸다고 하였다. Rehfeldt(1989, 1995)는 *Pseudotsuga menziesii*의 생장특성과 관련된 변이는 종자산지의 위도, 경도, 해발고와 밀접한 관계를 지닌 생장일수와 상관을 보이고 있고, *Larix occidentalis*의 산지시험에서도 위도와 해발고의 영향이 가장 큰 것으로 나타내며, Morgenstern and Mullin(1990)은 캐나다에서 *Picea mariana*의 산지시험 결과에서 종자 산지별 조림지의 수고생장은 위도, 생육일수, 강수량, 경도의 차이 등에 따라서 유의차가 있었으나, 특히 위도에 따른 차이가 심하다고 보고한 바 있다. 일반적으로 우리나라의 강우량은 7~8에 집중적으로 내리기 때문에 온도보

다 임목에 덜 영향을 미친다. 각 형질중 엽병장과 엽면적을 제외한 형질의 변이 계수는 11.6~17.4%로 비교적 변이의 폭이 적은 반면, 엽병장과 엽면적은 집단간 변이계수가 각각 34.9%, 28.4%로 그 변이가 심하였으며, 이들 형질의 집단내 변이계수도 엽병장이 29.5~42%, 엽면적은 27.7~40.7%의 범위로 변이폭이 크게 나타났다.

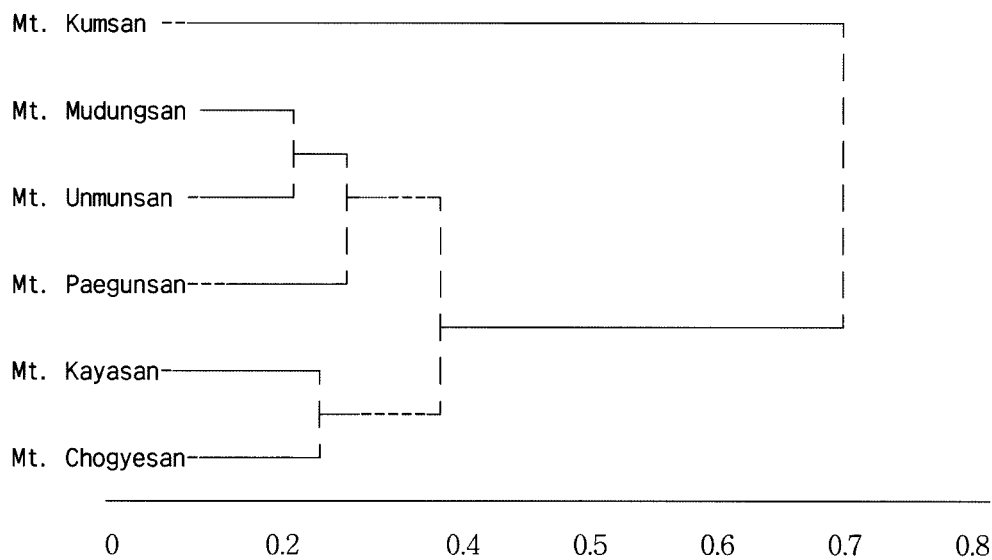
2. 분산분석 및 엽형질간 상관관계

엽형질 특성 측정치에 의한 집단간 그리고 집단내 개체간 변이의 유의적인 차이를 검정한 결과는 Table 3과 같다. 노각나무 천연집단의 집단 및 집단내에서 12개 엽형질 특성간 유의수준 1%에서 유의적인 차이를 나타내고 있었다. 이재천(1994)은 글루티노사오리나무 엽의 형태적 특성 중 엽병길기와 엽선각은 위도와 정의 상관관계가 있었으며, 거치수, 엽선형태 및 엽신/엽폭지수는 위도와 부의 상관성이 있다고 보고한 바 있다. 일반적으로 생장 특성이나 형태적 특성은 환경인자에 의한 영향을 많이 받는 것으로 나타나고 있는데(Crawford, 1990; 이석우 등, 1997), 엽형특성이 어떤 환경인자에 대하여 어떻게 반응하는가를 보다 세밀히 추정하기 위해서는 앞으로 다양한 환경인자와 엽형특성간의 상관관계 등을 분석해야 할 것으로 생각된다.

6개 집단에서 조사된 12개 엽형질 특성간의 상관관계를

Table 4. Correlation coefficients between individual leaf characteristics of *Stewartia koreana*.

Characteristics	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1											
X2	0.9698**										
X3	0.1381	0.1948									
X4	0.9713**	0.9752**	0.1744								
X5	0.3345	0.3821	0.8164**	0.4652							
X6	0.6215	0.6172	0.0852	0.4640	-0.1874						
X7	0.3470	0.3573	-0.2679	0.2383	-0.4352	0.5237					
X8	-0.0943	0.1125	-0.2396	0.0294	-0.1365	0.0125	-0.0193				
X9	0.1352	-0.1040	-0.2032	0.0401	-0.0611	-0.1460	-0.0997	-0.8434*			
X10	-0.4947	-0.4419	0.7986*	-0.4488	0.4983	-0.3671	-0.3387	-0.2550	-0.1785		
X11	-0.8349*	-0.7707*	0.3210	-0.7234*	0.2380	-0.7556*	-0.6238	0.0510	-0.1952	0.7844*	
X12	0.2346	0.2227	-0.0147	0.0417	-0.4515	0.9035**	0.4576	0.0015	-0.1647	-0.2264	-0.5140

**Figure 2. Dendrogram obtained by cluster analysis of six populations on the leaf characteristics of *Stewartia koreana*.**

구한 결과, 엽폭(X2)과 엽면적(X4)이 상관관계가 가장 높았고($r=0.975$) 다음이 엽장(X1)과 엽면적(X4), 엽장(X1)과 엽폭(X2)이 각각 상관계수 0.971과 0.969로 높았으나, 엽저각(X8)과 엽형지수(X9)간에는 직접적인 관계가 아닌 특성치간에 매우 높은 부의상관($r = -0.843$)을 나타내어 엽저각이 커질수록 엽형지수는 작아지는 관계를 나타냈다(Table 4).

3. Cluster 분석

양적·질적 측정치의 유사성(similarity)에 대한 척도로써 주로 식물의 품종분류에 많이 사용되고 있는 Malhalanobis의 Generalized distance(D)에 근거하여 선발된 노각나무 6개 집단의 엽특성을 대상으로 군집분석을 실시한 결과, 제 1군은 조계산, 가야산 집단, 제 2군은 백운산 집단, 제 3군은 운문산, 무등산 집단 그리고 제 4군은 금산 집단으로 4개의 군으로 구분할 수 있었다. 거리수준 0.6에서 2군으로 구분할 수 있었다. 제 1군은 금산집단과 제

2군은 무등산, 운문산, 백운산, 가야산, 조계산 집단으로 구분되었다. 금산 집단이 다른 집단과 분리되어 한 그룹을 형성하고 있는 이러한 결과는 엽형질 변이 특성에도 금산 집단이 다른 집단에 비해 뚜렷한 차이를 보이고 있는 것과 유사한 결과를 보이고 있었다. 결국 금산지역의 노각나무를 품종으로 분리하기 위해서는 여러 가지 측면에서 조사 분석이 필요하다. 단순히 엽형변이 특성만으로 구분하기는 곤란하며, 수형, 수피, 엽, 꽃 및 열매 등의 외부 형태적 특성뿐만 아니라, 수종과 임목육종의 유전변이 조사에 대한 수단으로써 생화학 또는 분자적인 지표가 중요하다. 현재 노각나무의 수피특성 변이와 수형특성(수고, 흉고, 지하고, 수관폭, 가지각도)에 대해서도 조사 분석 중에 있다. 천연집단의 유전변이 분석을 위해서는 품종구분 및 유전자 지도 작성 등에 그 이용성이 높은 DNA 표지자를 이용한 분석이 반드시 병행하여 연구되어야 할 것으로 판단된다(Williams *et al.*, 1990; Dvorak *et al.*, 2001).

Table 5. Factor pattern obtained from principal component analysis of leaf characteristics.

Characteristics	F1	F2	F3	F4	F5	Communality
1. Leaf length	0.836	0.523	-0.022	-0.087	-0.096	0.990
2. Leaf width	0.967	0.166	0.092	-0.003	0.104	0.983
3. Petiole length	-0.112	0.759	0.245	0.363	0.458	0.990
4. Leaf area	0.933	0.285	0.087	-0.106	0.019	0.971
5. No. of serration	0.350	0.085	0.801	0.237	-0.395	0.984
6. No. of vein	0.536	0.101	-0.380	0.709	-0.214	0.992
7. Angle of leaf apex	0.339	-0.530	-0.018	0.07	0.296	0.489
8. Angle of leaf base	0.418	-0.633	0.211	0.028	0.330	0.729
9. Leaf length/leaf width	-0.400	0.676	-0.217	-0.145	-0.420	0.861
10. Petiole length/leaf length	-0.523	0.512	0.278	0.386	0.479	0.991
11. No. of serration/leaf length	-0.323	-0.308	0.079	0.264	-0.308	0.988
12. No. of vein/leaf length	-0.070	-0.298	-0.427	0.832	-0.149	0.990
Eigenvalue	3.76	2.56	1.84	1.65	1.15	
Contribution(%)	31.3	21.4	15.2	13.8	9.6	
Cumulative contribution(%)	31.3	52.7	67.9	81.7	91.3	

4. 주성분분석

12가지 엽특성 중 지역간 차이를 나타내는 주요 특성이 무엇인지 살펴보기 위해서 주성분분석을 실시하였다. 추출된 12개 주성분 중에서 고유값이 1.0이상으로 의미를 갖는 주성분은 5개로 나타났으며, 전체분산에 대한 상위 2개 주성분의 설명력은 52.7%였으며, 5개 주성분을 모두 포함할 경우의 설명력은 91.3%였다.

첫 번째 주성분(F1)의 고유값이 3.76으로 누적기여율이 31.3%이며, 기여도가 크게 나타난 엽형질은 엽장, 엽폭, 엽면적으로 주로 잎의 크기에 관련된 것이다. 두 번째 주성분(F2)에서 고유값 2.56, 누적기여율 52.7%로 기여도가 높은 엽형질은 엽병장이었고, 세 번째 주성분에서 기여도가 높은 엽형질은 거치수였으며, 네 번째 주성분에서 기여도가 높은 엽형질은 엽맥수이며, 다섯 번째 주성분에서 기여도가 높은 엽형질은 엽병장/엽장이었다. 전체적으로 볼 때, 노각나무 엽형질의 지역간 변이는 주로 잎의 크기(엽장, 엽폭, 엽면적 및 엽병장)의 차이에서 기인하는 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 기존의 연구에서도 엽신장 및 엽병장과 같은 엽형질 특성들이 지역간 변이를 결정하는 요인으로 작용되고 있는 것을 알 수 있다(김찬수 등, 1994; 안상영 등, 2002). 따라서, 이러한 엽특성에 있어서의 양적형질의 차이가 환경적인 원인에 의한 것인지 아니면 두 집단에 유전적인 차이에 의한 것인지는 동위효소분석, RAPD법 등의 유전자 분석을 통하여 더욱 연구되어야 할 것으로 생각된다.

인용문헌

1. 기상청. 1995. 기상연보 pp. 293.
2. 무 선발집단의 엽형질 변이. 임육연보 30: 75-84.
3. 김영모. 1995. 한국 상수리나무 집단의 형태적, 생리적 특성 및 유전변이에 관한 연구. 강원대 박사학위논문 pp. 111.
4. 김용식. 1985. 동백나무 천연집단의 엽형질 변이. 한국임학회지 69: 69-75.
5. 김용식. 1986. 우리나라 동백나무 집단의 형태적 특성 및 유전변이에 관한 연구. 서울대 박사학위논문 pp. 42.
6. 김지문, 권기원, 문홍규. 1985. 참나무 천연집단의 엽형 변이. 한임지. 71: 82-89.
7. 김찬수, 강영재, 고정균, 조리명. 1994. 후박나무 선발집단의 엽형 및 종자의 형질 변이. 임육연보 30: 85-92.
8. 변광욱. 1999. 한국산 소나무의 생태적 특성과 유전변이 및 신품종 육성에 관한 연구. 성균관대학교 박사학위논문 pp. 143.
9. 송정호. 2002. RAPD와 형태적 특성에 의한 굴참나무 천연집단의 유전변이에 관한 연구. 강원대학교 박사학위논문 pp. 9.
10. 심경구, 서병기, 이규완, 조남훈, 심상철. 1992. 한국자생 노각나무에 관한연구. I. 노각나무 소백산 자생지 분포. 한국원예학회지 33(5): 413-424.
11. 안영상, 김세현, 정현관, 장용석, 최영철, 오광인. 2002. 음나무 천연집단의 엽형질 변이. 한국임학회 91(6): 755-764.
12. 이강녕, 김현권. 1982. 구상나무 천연집단의 침엽 형질 변이. 한국임학회지 57: 39-44
13. 이상철. 1990. 노각나무 생태와 형태적 특성에 관한 연구. 원광대 박사학위논문 pp. 68.
14. 이석우, 김선창, 김원우, 한상돈, 임경빈. 1997. 회귀수종 모감주나무 자생집단의 잎의 형태적 특성, 식생특성 및 유전변이. 한국임학회지 86(2): 167-176.
15. 이재천. 1994. 글루티노사오리나무 산지간 변이에 관한 연구. 경상대학교 박사학위논문 pp. 76.
16. 최선기, 한상억, 이용범, 김원우. 1987. 5개 지역에서 선발된 상수리나무 수형목의 엽형질변이. 임육연보 23: 57-60.

17. 황증. 1977. 지리산 참나무류의 엽형질 변이에 관한 고찰. 경상대 논문집 16: 63-66.
18. 한정오. 1984. 강원도내 거제수나무 천연집단의 엽형질 변이. 서울대 농학연구 9: 21-25.
19. Crawford, D.J. 1990. Plant Molecular Systematics. Macromolecular Approaches. John Wiley & Sons. New York. pp. 388.
20. Dancik, B.P. and B.V. Barnes. 1975. Leaf Variability in yellow birch (*Betula alleghaniensis*) in relation to environment. Can. J. For. Res. 5: 149-159.
21. Dvorak, W.S., A.P. Jordan, J.L. Romero, G.R. Hodge and B.J. Furman. 2001. Quantifying the geographic range of *Pinus patula* var. *longipedunculata* in Southern Mexico using morphologic and RAPD marker data. Southern African Journal. 192: 19-30.
22. Morgenstern, E.K. and T.J. Mullin. 1990. Growth and survival of black spruce in the range-wide provenance study. Can. J. For. Res. 20: 130-143.
23. Rehfeldt, G.E. 1995. Genetic variation, climate models and ecological adaptations of *Larix occidentalis*. For. Ecol. Manage. 78: 21-37.
24. Semerikow, L.F. 1986. Population structure of woody plants (on an example of an oak species of a European part of the USSR and Causasus). pp. 140.
25. Williams, G.K., M.K. Hanafey, J.A. Rafalski and S.V. Tingey. 1992. Genetic analysis using random amplified polymorphic DNA markers. Method in Enzymology. 162: 704-741.
26. Yakovlev, I.A. 1997. A study of common oak's (*Quercus robur* L.) population structure at the northeastern limit of its distribution in Russia using leaf morphological trait. pp. 35-45. Proc. of 2nd Meeting of IUFRO Working Party 2.08.05, Genetics of *Quercus*. Oct. 12-17. 1997. Pen. Sta. Uni., Pennsylvania, USA.

(2005년 8월 18일 접수; 2005년 10월 14일 채택)