

고로쇠나무 11개 자연집단의 잎의 형질 변이 분석

송정호*, 허성두¹국립산림과학원 산림유전자원부, ¹국립산림품종관리센터 종묘관리과**Analysis of Leaf Morphological Variation of 11 Natural Populations of *Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi****Jeong-Ho Song* and Seong-Doo Hur¹**

Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-847, Korea

¹Department of Seed & Seedling Management, Korea Forest Seed & Variety Center, Chungju 380-941, Korea

Abstract - Characteristics of leaf morphology was examined in 11 natural populations of *Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi in Korea. Nested Anova showed that there were statistically significant differences among populations as well as among individuals within populations in all 14 quantitative characters. In all the leaf characters, variance components among individuals within populations were higher than those among populations. Some morphological characters such as the ration of Blade length to Petiole length (0.90), Uower lobe width (0.85), Blade length (0.83), and Middle lobe width (0.83) showed the relative high differences in the values of differentiation (D_{ij}) among populations. Of the ten populations, Gwangyang (1.36) and Cheongyang (1.30) were highly differentiated based on the total mean D_{ij} of fourteen morphological characters, while Ulju (0.30) and Jeongseon (0.44) were scarcely differentiated.

Key words - *Acer pictum* subsp. *mono*, Leaf morphology, Differentiation, Conservation

서 언

최근 들어 유전자원의 보존과 자생식물에 대한 관심이 높아지면서 생명공학산업의 중요성과 함께 육종소재로서 유전자원의 중요성이 강력히 대두되고 있다(Malavasi and Malavasi, 2003; Caver *et al.*, 2004). 우리나라의 전국 산야에는 개발가치가 높은 자생식물들이 다양하게 분포하고 있어 이들 자원들의 활용 가치를 극대화하기 위해서는 다양한 유용자원의 발굴을 통한 유전자원의 확보 및 안정적 보존 방안이 절실하다(KFRI, 2008). 특히, 앞으로 환경 변화에 따른 자연생태계 파괴와 유전자원 소실이 점점 증가될 것임을 고려할 때 그 중요성이 더욱 강조되고 있다.

고로쇠나무(*Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi)는 단풍나무과(Aceraceae)의 단풍나무속에 속하는 낙엽활엽교목으로 높이가 20 m에 달하며 전국의 해발 100~1,800 m에서 주로 자생한다(Lee, 1990). 지리적으로는 우

리나라뿐만 아니라 중국, 일본, 만주에까지 분포한다. 목재의 재질은 치밀하고 무거우며 단단하고 질긴 성질을 가지고 있기 때문에 가구재, 악기재, 건축재 등으로 이용되기도 한다. 고로쇠나무의 수액은 예전부터 위장병, 신경통, 고혈압 등에 약효가 있다고 알려져 왔으며(Yoon *et al.*, 1992), 특히 “뼈에 이로운 물”이라 하여 골리수(骨利樹, bone-benefit-water)로 불리며 골다공증, 생체면역 강화 등에 탁월한 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(Ahn, 1975; Moon *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2008). 우리나라에서 건강음료로써 음용되고 있는 수종의 수액 중 97%가 고로쇠나무 수액이며 거제수나무, 자작나무 등에서 3%가 채취되고 있는 실정이다(권과 김, 2004).

최근에는 “웰빙(well-being)” 바람을 타고 산촌주민들의 주요한 소득원으로서 각광받고 있으며, 지역특산품으로서 지역브랜드를 추진시킴으로써 지역경쟁력과 발전에 기여하는 바가 크다. 고로쇠나무 수액채취기간은 2월 중순부터 4월 초순까지 전국에 걸쳐 채취하며 일중 최저기온이

*교신저자(E-mail) : SJH8312@forest.go.kr

영하 4°C, 최고기온이 영상 12°C일 때이며, 일교차가 15°C 이상 날 때가 가장 이상적이다. 대체적으로 흉고직경 20 cm에서 20 L 내외의 수액이 추출된다(권과 김, 2004). 보통 우수, 경칩에 채취하였으나 지구온난화로 인해 채취시기가 점점 빨라지고 있는 추세이다.

고로쇠나무는 대부분 관리여건이 불리한 험준한 산악에 위치하고 있으며, 단목의 형태로 넓은 지형에 걸쳐 낮은 밀도로 서식하고 있어 접근성이나 생산성 등의 경영여건이 불리한 편이다(Kim and Kwak, 1994; Um and Kim, 2006). 특히 최근 고로쇠나무는 수액 수급의 불균형으로 인하여 일부 주민들의 무분별한 채취와 채취 후의 사후관리가 제대로 이루어지지 않아 많은 고로쇠나무가 고사 및 바람에 쓰러져 자연집단이 점차 소멸되어 가고 있는 실정으로 유전자원 보존을 위한 적극적인 대책 마련이 요구되고 있다(Moon and Kwon, 2006). 그동안 고로쇠나무에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만 대부분 수액채취량과 성분분석(Hyun *et al.*, 1999; Moon *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2005; Qadir *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2010), 수액의 출수량에 미치는 영향인자에 관한 것이며(Kim and Kwak, 1994; Choi *et al.*, 2010), 현지외 보존을 위한 고로쇠나무 종자의 발아율을 높이고 발아에 소요되는 기간을 단축시키기 위한 Priming 처리에 대한 연구가 일부 수행된 바 있다(Choi *et al.*, 2006). 그러나 전국을 대상으로 현지 내외 유전자원 보존을 목적으로 한 광범위한 연구는

미진한 실정이다(Kim and Kwak, 1994; Chang, 2001).

고로쇠나무 유전자원의 다양성 확보를 통한 지속적 보존관리 및 이용을 위한 합리적인 보존전략 수립을 위해서는 먼저 천연분포하고 있는 임목들에 대한 집단간 및 집단내 유전변이 특성과 이에 관여하는 생물학적, 생태적 기작 등을 파악하는 연구가 필수적이며, 그 결과를 종합평가하여 현지내 보존을 위한 산림유전자원보호구역 설정 및 소실위험에 대비한 복원재료나 이용적용 육종재료 공급을 위한 체계적인 현지외 보존 전략이 수립되어야 할 것이다(Caver *et al.*, 2004; Goodall-Copestake *et al.*, 2005; KFRI, 2008).

따라서 본 연구는 국내 자생하는 고로쇠나무 11개 집단의 잎의 형태적 특성에 대한 유전변이의 정도와 집단간의 분화정도를 파악하는 한편 형질간의 상호관계와 중요성을 파악하는데 있다.

재료 및 방법

공시재료는 고로쇠나무가 자생하는 강원 인제, 경남 거제 등 11개 집단에서 유전적 동질성을 고려하여 각 개체목간 20 m 이상의 거리를 두고 생장, 건강도 등이 양호한 성목에서 잎을 채취하였다(Table 1, Fig. 1). 특히, 거제집단은 붉은(해변)고로쇠나무(*A. mono* for. *rubripes* T.B. Lee)로 고로쇠나무의 잎 형질 특성 분석에 대한 비교수종으로

Table 1. Location information for the population collection sites of *A. pictum* subsp. *mono*

Populations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Height (m)	DBH (cm)	Area (ha)
1 Gwangyang	35° 06' 40.3"	127° 35' 51.0"	810	10.7	21.8	40
2 Gurye	35° 21' 14.0"	127° 29' 30.6"	843	7.6	21.9	50
3 Ulju	35° 34' 14.6"	129° 00' 13.7"	864	8.5	19.6	5
4 Cheongyang	36° 24' 50.0"	126° 52' 08.0"	308	14.0	21.6	5
5 Boeun	36° 36' 06.0"	127° 47' 35.2"	650	10.0	16.6	5
6 Yeongyang	36° 42' 54.1"	129° 16' 16.4"	587	8.6	19.7	80
7 Danyang	36° 54' 03.9"	128° 25' 10.6"	785	7.0	12.0	30
8 Jeongseon	37° 34' 06.6"	128° 37' 11.7"	971	8.6	17.7	50
9 Yangpyeong	37° 37' 49.7"	127° 36' 49.5"	240	9.5	23.1	8
10 Inje	38° 10' 03.7"	128° 08' 24.3"	686	7.8	14.6	80
11* Geoje	34° 48' 24.3"	128° 39' 19.7"	399	12.2	21.2	5

* *A. mono* for. *rubripes* T.B. Lee.

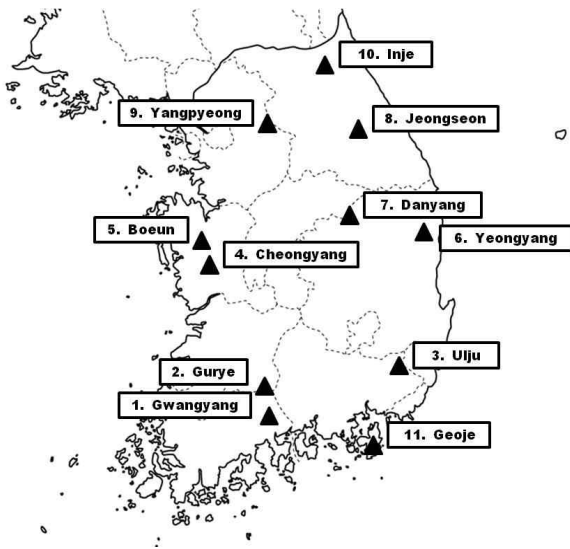


Fig. 1. Location of eleven collected populations.

사용하였다. 붉은고로쇠나무는 엽병이 붉은색을 띠는 것이 특징으로 고로쇠나무(엽병 녹색)와 구별되며, 현재 국가표준식물 목록에서도 정명으로 인정되는 고로쇠나무와는 다른 분류군에 해당되는 근연종이다.

형태적 특성조사는 잎이 완전히 성숙한 8월에 집단별로 20개체를 선발한 뒤 각 개체목의 수관 1/3 하단부에서 역지를 대상으로 7개의 결각으로 갈라진 5개의 성숙한 잎을 고르게 채취한 후 엽신장, 상열편폭, 중열편폭, 하열편폭, 하열편각, 엽병길이, 엽면적 등 7개의 형질을 측정분석하였다(Fig. 2). 또한 이들 상호간 크기의 비에 의하여 엽신장/상열편폭, 엽신장/중열편폭, 엽신장/하열편폭, 중열편폭/상열편폭, 중열편폭/하열편폭, 상열편폭/하열편폭, 엽신장/엽병길이에 대한 엽형지수를 산출하여 비교하였다. 엽면적은 엽면적측정기(LI-3100 Area Meter, LI-COR, Inc)를 이용하여 측정하였다. 또한 잎의 형태적 특성에 대한 집단간 분화정도를 알아보기 위하여 각 인자의 관측치를 그 인자의 평균으로부터 빼고 표준편차로 나눈 절대값을 이용하여 다음과 같이 표준화(D_{ij})시켰다.

$$\text{Differentiation } (D_{ij}) = \left| \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{sd_j} \right|$$

식에서, D_{ij} : j 인자에 대한 집단 i의 분화도,

X_{ij} : 집단 i의 j 인자에 대한 특성치,

\bar{X}_i : j 인자에 대한 전체 집단의 평균치,

sd_j : j 인자에 대한 전체 집단의 표준편차.

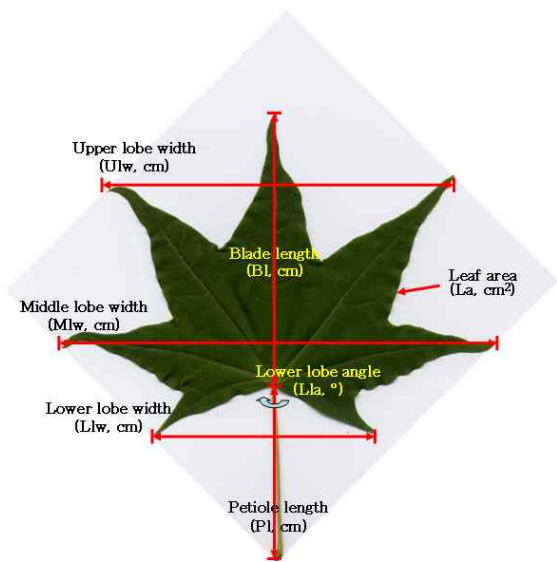


Fig. 2. Diagram of *A. pictum* subsp. *mono* leaf showing the measured characters.

여기에서 적용된 특성치의 표준화된(D_{ij}) 값은 "0"에 가까울수록 표준(평균)집단을 의미하며 "0"에서 멀어질수록 해당집단의 이탈 정도가 큼을 의미한다.

결과 및 고찰

조사지 개황

고로쇠나무 11개 자연집단을 탐색한 결과 대체적으로 해발 240~971 m 범위에 자갈이 많은 산기슭의 계곡과 사면에만 군락을 이루고 있었으며, 영양과 인체 집단이 분포면적이 넓은 집단으로 나타났다(Table 1). 흉고직경 6 cm 이상의 교목을 대상으로 식생조사를 실시한 결과 중북부지역은 물푸레나무 및 느릅나무, 중부지역은 굴참나무, 그리고 남부지역은 굴참나무와 비목 등이 우점하여 이들이 지역별 고로쇠나무와 공생하는 대표적인 수종들로 나타났다. 집단별 생장특성은 수고 7.0~14.0 m, DBH 12.0~23.1 cm 범위로 나타났다. Kim and Kwak(1994)은 고로쇠나무 24개 군락에 대해 생육지 환경을 조사한바 계곡(54%) 동사면과 동북사면(48%) 경사도 10~20°에서 80% 출현하며 수직적으로 600~1,100 m에 고루분포하고 있는 것으로 보고한바 있다. 또한 Um and Kim(2006)은 강원도 중왕산 지역의 고로쇠나무의 분포는 해발 1,000~1,200 m, 경사도 평균 24°, 북동에서 북서방향의 사면에 주로 분포하고 있었으며 난티나무, 느릅나무, 들메나무 및 복장나무와 높은 상관관

Table 2. Average values for leaf morphological traits in 11 populations of *A. pictum* subsp. *mono*

Pop.	Bl	Ulw	Mlw	Llw	Pl	Lla	La
1	8.90 ^{A**} (16.4)	10.36 ^A (20.1)	12.86 ^A (17.0)	6.37 ^A (25.1)	7.88 ^A (33.1)	142.7 ^A (16.1)	51.6 ^A (31.6)
2	8.31 ^{DE} (15.6)	9.81 ^{CD} (13.4)	11.94 ^{BC} (14.8)	5.54 ^C (34.0)	7.25 ^{AB} (28.4)	127.7 ^C (21.2)	49.5 ^{ABC} (28.5)
3	8.49 ^{CD} (13.1)	9.99 ^{BC} (15.4)	12.38 ^B (17.5)	5.25 ^B (36.5)	7.21 ^{AB} (37.3)	125.8 ^C (22.2)	48.6 ^{BC} (30.8)
4	8.54 ^{BCD} (11.3)	10.45 ^A (15.3)	12.04 ^{BC} (15.9)	4.71 ^C (34.2)	6.86 ^{BC} (32.0)	119.1 ^D (20.9)	48.6 ^{BC} (24.4)
5	8.17 ^E (11.6)	9.60 ^D (12.1)	12.10 ^{BC} (12.2)	5.46 ^B (31.1)	6.54 ^D (32.0)	129.7 ^C (21.2)	47.9 ^{BCD} (23.8)
6	8.12 ^E (13.9)	10.13 ^{ABC} (15.6)	12.24 ^B (13.5)	5.26 ^B (30.8)	7.39 ^{AB} (31.7)	128.5 ^C (19.7)	45.4 ^{DE} (28.4)
7	8.10 ^E (17.7)	9.63 ^D (16.4)	11.70 ^C (16.1)	4.82 ^C (32.9)	7.32 ^{AB} (31.1)	138.8 ^{AB} (17.5)	44.0 ^E (31.6)
8	8.60 ^{BC} (12.8)	10.41 ^A (15.9)	12.28 ^B (14.3)	5.23 ^B (31.4)	7.19 ^{AB} (35.1)	136.5 ^B (16.0)	46.9 ^{CD} (24.5)
9	8.74 ^{AB} (13.4)	10.32 ^{AB} (14.2)	12.89 ^A (13.4)	5.54 ^B (38.9)	7.15 ^{BC} (35.8)	131.0 ^C (16.6)	50.4 ^{AB} (23.4)
10	8.61 ^{DE} (13.1)	10.44 ^A (13.2)	12.28 ^B (15.9)	5.27 ^B (29.7)	7.30 ^{AB} (29.0)	120.6 ^D (19.4)	47.0 ^{CD} (24.3)
Mean	8.46 (14.2)	10.11 (15.2)	12.27 (15.1)	5.35 (32.5)	7.21 (32.6)	130.0 (19.1)	48.0 (27.1)
11	10.15 (13.8)	10.90 (13.8)	13.81 (15.1)	7.79 (24.7)	8.66 (29.3)	132.9 (21.5)	75.1 (27.2)
Pop.	Bl/Ulw	Bl/Mlw	Bl/Llw	Mlw/Ulw	Mlw/Llw	Ulw/Llw	Bl/Pl
1	0.87 ^A (11.0)	0.70 ^{BC} (9.0)	1.48 ^F (31.3)	1.26 ^{AB} (10.5)	2.11 ^E (24.7)	1.72 ^E (34.1)	1.22 ^{BC} (27.2)
2	0.85 ^{ABC} (10.9)	0.72 ^{BC} (9.1)	1.63 ^{DE} (28.4)	1.22 ^{AB} (14.2)	2.33 ^D (26.9)	1.96 ^{CD} (32.7)	1.23 ^{BC} (29.4)
3	0.86 ^{AB} (12.3)	0.69 ^{BC} (10.5)	1.79 ^{BC} (31.5)	1.25 ^{AB} (13.8)	2.59 ^{BC} (30.4)	2.15 ^B (38.1)	1.29 ^{AB} (28.8)
4	0.82 ^{CD} (10.1)	0.71 ^A (8.5)	2.00 ^A (34.4)	1.16 ^E (10.3)	2.81 ^A (31.4)	2.49 ^A (39.1)	1.37 ^A (30.7)
5	0.86 ^{AB} (9.5)	0.68 ^{CD} (7.8)	1.62 ^E (26.7)	1.27 ^A (12.0)	2.37 ^D (24.0)	1.93 ^D (31.5)	1.35 ^A (26.9)
6	0.81 ^{DE} (11.3)	0.67 ^D (7.8)	1.68 ^{CDE} (31.5)	1.22 ^{BC} (12.3)	2.53 ^{BC} (31.6)	2.13 ^B (40.0)	1.18 ^C (23.9)
7	0.85 ^{ABC} (12.3)	0.69 ^{BC} (10.2)	1.85 ^B (34.6)	1.22 ^{BC} (11.6)	2.68 ^{AB} (35.9)	2.26 ^B (41.9)	1.19 ^{BC} (29.5)
8	0.84 ^{BC} (12.0)	0.71 ^{AB} (11.4)	1.80 ^{BC} (31.8)	1.20 ^{CD} (14.9)	2.54 ^{BC} (28.1)	2.20 ^B (35.8)	1.35 ^A (38.0)
9	0.85 ^{ABC} (9.5)	0.68 ^{CD} (8.7)	1.76 ^{BCD} (34.0)	1.26 ^{AB} (9.9)	2.58 ^{BC} (31.4)	2.11 ^{BC} (38.7)	1.35 ^A (32.6)
10	0.80 ^E (8.4)	0.68 ^{CD} (9.3)	1.70 ^{CDE} (29.8)	1.18 ^{DE} (11.3)	2.48 ^{CD} (24.7)	2.16 ^B (34.3)	1.22 ^{BC} (27.9)
Mean	0.84 (10.7)	0.69 (9.2)	1.73 (31.4)	1.22 (12.1)	2.50 (28.9)	2.11 (36.6)	1.27 (29.5)
11	0.94 (9.9)	0.74 (9.7)	1.35 (19.3)	1.27 (10.5)	1.83 (17.5)	1.47 (24.4)	1.26 (28.2)

Pop., Code, and () : As in Table 1, Figure 1 and Coefficient of variation, respectively.

** : Different letters indicate Duncan's multiple range tests (Significant at $p < 0.01$).

계를 보여 이 수종들이 유사한 입지에서 자라는 수종으로 보고한 바 있다.

잎 형질 특성

고로쇠나무 11개 자연집단의 잎 형질 즉, 엽신장, 상열편폭, 엽병길이, 엽면적 등을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 고로쇠나무의 집단별 잎 특성은 광양집단이 엽신장, 하열편폭, 엽병길이, 하열편각, 엽면적 및 엽신장/상열편폭에서 가장 큰 특성을 보였으며, 청양집단이 엽신장/하열편폭, 중열편폭/하열편폭, 상열편폭/하열편폭 및 엽신장/엽병길이에서, 인제집단은 상열편폭에서, 양평집단은 중열편폭에서, 구례집단은 엽신장/중열편폭에서, 보은집단은 중열편폭/상열편폭에서 가장 큰 특성을 나타냈다. 붉은고로쇠나무인 거제집단과 비교해보면 엽신장, 상열편폭, 중열편폭, 하열편폭, 엽병길이, 하열편각, 엽면적, 엽신장/상열편폭, 엽신장/중열편폭 및 중열편폭/하열편폭 형질은 고로쇠나무가 붉은고로쇠나무에 비해 1.04~1.56배 정도 작은 형질 특성을 나타냈다.

잎 특성별 평균값을 살펴보면 엽신장은 전체평균 8.46 cm로 광양집단이 8.90 cm로 가장 컸으며, 단양집단이 8.10 cm로 가장 작았다. 상열편폭은 전체평균 10.11 cm로 인제집단이 10.44 cm로 가장 컸으며, 보은집단이 9.60 cm로 가장 작게 나타났다. 중열편폭은 전체평균 12.27 cm로 양평집단이 12.89 cm로 가장 컸으며, 단양집단이 11.70 cm로 가장 작았다. 하열편폭은 전체평균 5.35 cm로 광양집단이 6.37 cm로 가장 컸으며, 청양집단이 4.71 cm로 가장 작았다. 엽병길이는 전체평균 7.21 cm로 광양집단이 7.88 cm로 가장 컸으며, 보은집단이 6.54 cm로 가장 작았다. 하열편각은 전체평균 130.0°로 광양집단이 142.7°로 가장 컸으며, 청양집단이 119.1°로 가장 작았다. 엽면적은 전체평균 48.0 cm²로 광양집단이 51.6 cm²로 가장 컸으며, 단양집단이 44.0 cm²로 가장 작았다. 엽신장/상열편폭은 전체평균 0.84로 광양집단이 0.87로 가장 컸으며, 인제집단이 0.80으로 가장 작았다. 엽신장/중열편폭은 전체평균 0.69로 구례집단이 0.72로 가장 컸으며, 영양집단이 0.67로 가장 작았다. 엽신장/하열편폭은 전체평균 1.73으로 청양집단이 2.00으로 가장 컸으며, 광양집단이 1.48로 가장 작았다. 중열편폭/상열편폭은 전체평균 1.22로 보은집단이 1.27로 가장 컸으며, 청양집단이 1.16으로 가장 작았다. 중열편폭/하열편폭은 전체평균 2.50으로 청양집단이 2.81로 가장 컸으며, 광양집

단이 2.11로 가장 작았다. 상열편폭/하열편폭은 전체평균 2.11로 청양집단이 2.49로 가장 컸으며, 광양집단이 1.72로 가장 작았다. 엽신장/엽병길이는 전체평균 1.27로 청양집단이 1.37로 가장 컸으며, 영양집단이 1.18로 가장 작았다.

고로쇠나무의 14가지 잎 형질에 대한 변이계수 값을 살펴보면 하열편폭, 엽병길이, 엽신장/하열편폭 및 상열편폭/하열편폭은 대체적으로 30% 이상의 비교적 높은 값을 나타냈다. 특히, 상열편폭/하열편폭은 평균 36.6%로 변이가 가장 큰 형질로 나타난 반면, 엽신장/중열편폭은 평균 9.2%로 변이가 가장 작은 특성을 보였다. 붉은고로쇠나무는 엽신장/중열편폭에서 9.7%로 가장 작은 변이계수 값을 보인 반면 엽병길이에서 29.3%로 가장 높은 값을 나타냈으며, 대체적으로 고로쇠나무의 잎 형질 변이계수 값과 유사한 경향을 보였다. 일반적으로 형태적 특성은 환경인자에 의해 많은 영향을 받는 것으로 보고되고 있는데(Crawford, 1990), 본 연구에서는 지리적으로 가까운 집단들이 유사한 특성을 나타내지는 않았다. 이와 같이 고로쇠나무의 잎의 형태적 특성은 집단과 형질에 따라서 많은 차이를 보였지만 잎 형질에 대한 변이계수 값이 음나무 3.1~43.4%(Ahn *et al.*, 2002), 마가목 13.9~32.3%(Kim *et al.*, 2003), 노각나무 11.6~34.9%(Kim *et al.*, 2005), 망개나무 13.1~29.8%(Song *et al.*, 2008)였다는 연구결과들과 비교해 유사한 경향을 나타냈다.

상관분석

조사된 14가지 잎 특성에 대해 상관 분석한 결과는 Table 3과 같다. 전체적인 상관계수의 범위는 -0.90~0.98을 나타내었으며, 엽신장/하열편폭과 중열편폭/하열편폭 및 상열편폭/하열편폭, 중열편폭/하열편폭과 상열편폭/하열편폭 간 상관계수가 0.98로 가장 높은 정의 상관을 보였고, 하열편폭과 중열편폭/하열편폭 및 상열편폭/하열편폭간에 상관계수가 -0.90으로 가장 작은 부의 상관을 나타내었다. 그러나 지리적 위치에 따른 경사변이는 나타나지 않았다.

잎 특성별로 살펴보면 엽신장은 상열편폭, 중열편폭 및 엽면적과 정의 상관을 나타냈으며, 중열편폭은 하열편폭과 정의 상관을 나타냈다. 하열편폭은 중열편폭/상열편폭과는 정의 상관을, 엽신장/하열편폭, 중열편폭/하열편폭 및 상열편폭/하열편폭과는 부의 상관을 나타냈다. 엽병길이는 엽신장/엽병길이과 부의 상관을 나타냈으며, 엽신장/상열편폭은 중열편폭/상열편폭과 정의 상관을 나타냈다. 엽신장/

Table 3. Simple correlation coefficients in leaf morphological characters

Characters	Bl	Ulw	Mlw	Llw	Pl	Lla	La	Bl /Ulw	Bl /Mlw	Bl /Llw	Mlw /Ulw	Mlw /Llw	Ulw /Llw
Ulw	0.77**												
Mlw	0.80**	0.57											
Llw	0.48	0.07	0.68*										
Pl	0.41	0.33	0.41	0.54									
Lla	0.12	-0.19	0.23	0.53	0.51								
La	0.74*	0.34	0.70*	0.65*	0.17	0.04							
Bl/Ulw	0.17	-0.41	0.22	0.45	0.03	0.59	0.50						
Bl/Mlw	0.24	0.17	-0.25	-0.13	-0.00	-0.02	0.32	0.26					
Bl/Llw	-0.06	0.25	-0.37	-0.86**	-0.44	-0.50	-0.24	-0.27	0.39				
Mlw/Ulw	0.02	-0.46	0.46	0.67*	0.08	0.53	0.37	0.72*	-0.42	-0.67*			
Mlw/Llw	-0.17	0.19	-0.38	-0.90**	-0.47	-0.54	-0.35	-0.35	0.21	0.98**	-0.64		
Ulw/Llw	-0.11	0.28	-0.41	-0.90**	-0.42	-0.57	-0.34	-0.43	0.31	0.98**	-0.76*	0.98**	
Bl/Pl	0.30	0.21	0.20	-0.20	-0.68*	-0.23	0.35	0.26	0.27	0.44	0.03	0.38	0.34

Code : As in Fig. 1, ** and * : Significant at the 1% and 5% level, respectively.

하열편폭은 중열편폭/하열편폭 및 상열편폭/하열편폭과는 정의 상관, 중열편폭/상열편폭과는 부의 상관을 나타냈다. 중열편폭/상열편폭은 상열편폭/하열편폭과 부의 상관을 나타냈으며, 중열편폭/하열편폭은 상열편폭/하열편폭과 정의상관을 나타냈다. Chang(2001)은 고로쇠 분류군은 중국서부에서부터 일본, 한국의 울릉도로 이동하면서 잎이 더 많이 갈라지는 연속변이를 보고한 바 있으나 본 연구에서 고로쇠나무 11개 자연집단의 잎 형질 변이는 지리적 분포에 따른 경향을 보이지 않았다.

분산분석

14가지 양적특성들에 대한 집단간 및 집단 내 개체간의 유의적인 차이에 대한 Anova와 Nested 분산분석을 실시한 결과는 Table 4와 같다. 분산분석 결과 14가지 모든 잎 형질에서 집단간 및 집단내의 개체 간에 1% 유의수준에서 통계적인 고도의 유의성이 인정되었다. 특히, 모든 잎 형질에서 총분산 가운데 집단간 차지하는 비율은 0~5.8% 범위로 집단내 개체간 차지하는 분산성분보다 작은 것으로 나타났다. 한 생물종의 유전변이가 집단에 따라 상이하고 그 변이폭이 크다면 즉, 유전분화가 많이 진행된 수준의 경우 유전다양성을 보존하기 위한 수단으로 가능하다면 모든 집단을 보존하는 것이 필요하며 유전분화가 크지 않은 수준일 경우 집단 내 변이가 다양하고 집단의 규모가 크며 차

대 생산이 비교적 용이한 집단을 보존하는 것이 합리적이다(KFRI, 2008). 그러므로 고로쇠나무 또한 14가지 잎 형질 모두 집단 내 개체간 변이가 집단간 차지하는 비율보다 훨씬 높게 나타나 개체변이를 중심으로 유전자원 보존집단을 선정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 본 연구결과는 우리나라 자생 소나무의 침엽특성 변이에서 침엽길이 등 6개 형질에서 모두 집단간 차이보다는 개체간 차이에 기인한다는 보고와는 동일한 경향을 나타냈으나(Lee *et al.*, 2007), 희귀수종 모감주나무 집단의 잎의 형태적 변이는 대부분 집단간 차이에 기인한다는 보고와는 상이한 경향을 나타냈다(Lee *et al.*, 1977).

분화추정

14가지 형태적 특성들에 대해 집단간 분화정도를 알아보고 형질간 상호비교를 위하여 표준화시킨 D_{ij} 값은 0에서 2.43까지 다양하였으며 형질들 간에 많은 차이를 나타냈다(Fig. 3). 엽신장/엽병장 형질은 가장 높은 평균 0.90 정도였으며, 다음으로 상열편폭 0.85, 엽신장과 중열편폭 0.83 순으로 높게 나타나 집단간 분화가 큰 형질들로 나타났으며, 다른 형질에 비해 각 집단이 위치한 입지조건이나 환경 조건에 잘 적응하며 반응하는 생태적 민감성(ecological sensitivity)이 높은 특성들로 나타났다. 반면 상열편폭/하열편폭 형질이 가장 낮은 0.61 정도였으며, 대체적으로 하

Table 4. Summary of Nested analysis of variance for leaf morphological characters in *A. pictum* subsp. *mono*

Character	Mean square			Variance component(%)		
	AP	AIWP	Error	AP	AIWP	Error
Bl	7.15**	4.45**	0.67	1.9	52.2	45.9
Ulw	11.07**	6.95**	1.32	1.7	45.3	53.0
Mlw	13.08**	9.57**	2.01	1.0	42.7	56.3
Llw	20.74**	9.17**	1.55	3.7	47.9	48.4
Pl	11.89**	10.08**	4.46	0.3	20.2	79.5
Lla	5624.2**	1814.2**	330.3	5.8	44.7	49.5
La	504.3**	544.4**	86.6	0.0	51.5	48.5
Bl/Ulw	0.048**	0.023**	0.006	2.6	33.0	64.4
Bl/Mlw	0.024**	0.011**	0.005	2.2	19.9	77.9
Bl/Llw	2.38**	0.87**	0.20	4.4	38.8	56.8
Mlw/Ulw	0.130**	0.048**	0.015	3.8	29.6	66.6
Mlw/Llw	3.74**	1.62**	0.29	3.7	46.6	49.7
Ulw/Llw	4.32**	1.78**	0.34	3.9	44.2	51.9
Bl/Pl	0.52**	0.25**	0.12	1.8	18.3	79.9

AP: Among populations, AIWP: Among individuals within populations, **: Significant at $p < 0.01$, Code: As in Fig. 1.

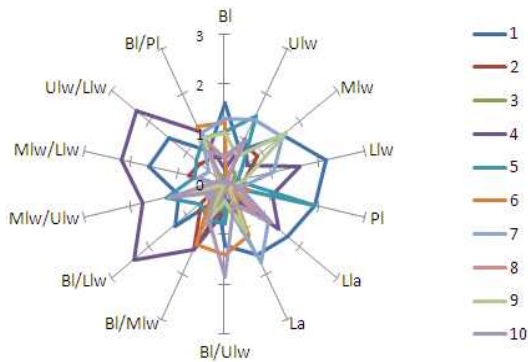


Fig. 3. Differentiation (D_{ij}) for 14 morphological characters in 10 populations of *A. pictum* subsp. *mono*. 1~10 : as in Table 1, and Bl~Bl/Pl : as in Fig. 1.

열편폭, 엽병장, 엽신장/하열편폭, 중열편폭/하열편폭 형질들도 평균 0.63~0.66 정도의 D_{ij} 값을 보여 다른 형질들에 비해 집단간 이질 정도가 비교적 작은 생태적인 내성(ecological tolerance)이 높은 특성들로 나타났다. 특히, 이러한 형태적 특성들은 고로쇠나무 지리적 분포에 따른 유연관계를 분석하는데 있어서 주요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

집단간 분화정도를 알아보기 위한 14가지 형태적 특성에 대한 전체평균 D_{ij} 값은 광양집단과 청양집단이 평균집단으로부터의 이질정도가 가장 큰 각각 1.36과 1.30으로 가장

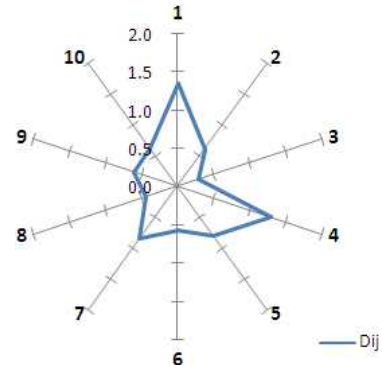


Fig. 4. Differentiation among 10 populations of *A. pictum* subsp. *mono* based on total mean differentiation (D_{ij}) of 14 morphological characters.

이질적인 변이를 보이는 집단들로 나타났으며, 반면 울주 집단과 정선집단은 각각 0.30과 0.44로 가장 작은 분화값을 보여 조사된 고로쇠나무 자연집단들 중 잎 형질 특성을 대표할 수 있는 평균집단에 가까운 것으로 나타났다(Fig. 4).

적 요

고로쇠나무 11개 자연집단의 잎의 14가지 형태적 특성에 대한 변이분석을 실시하였다. Nested 분산분석 결과 14가지 양적특성들 모두에서 집단간 및 집단 내 개체 간에 유의

적인 차이를 보였으며, 모든 형질들에서 총 분산 가운데 집단 내 개체 간 차지하는 비율이 집단간 차지하는 비율보다 큰 것으로 나타났다. 집단간 분화정도를 알아보고 형질간 상호비교를 위하여 표준화시킨 D_{ij} 값은 엽신장/엽병장(0.90), 상열편폭(0.85) 및 엽신장과 중열편폭(0.83) 특성들이 다른 형질들에 비해 이탈정도가 큰 형질들로 나타났다. 또한 14가지 형태적 특성에 대한 전체평균 D_{ij} 값은 광양(1.36)과 청양(1.30) 집단이 집단분화가 가장 큰 값을 보인 반면 울주(0.30)와 정선(0.44) 집단이 가장 작은 값을 보여 조사된 집단들 중 울주와 정선집단이 고로쇠나무 잎의 형태적 특성을 대표할 수 있는 평균집단에 가까운 것으로 나타났다.

인용문헌

- Ahn, W.Y. 1975. Color index and coloring substances in Korean sugar maple, *Acer mon* Max., syrup. J. Korean For. Soc. 26:7-12 (in Korean).
- Ahn, Y.S., S.H. Kim, H.K. Jung, Y.S. Jan, Y.C. Choi and K.I. Oh. 2002. The variation of leaf characters among natural populations of *Kalopanax septemlobus* Koidz. J. Korean For. Soc. 91(6):755-764 (in Korean).
- Cavers, S., C. Navarro and A.J. Lowe. 2004. Targeting genetic resource conservation in widespread species: a case study of *Cedrela odorata* L. For. Ecol. Manage. 197:285-294.
- Chang, C.S. 2001. Reconsideration of *Acer pictum* complex in Korea. Korean J. Plant Tax. 31(3):283-309 (in Korean).
- Choi, C.H., W.S. Tak and K.J. Cho. 2006. Effect of priming treatment using PEG on seed Germination in *Acer mono* Max. Korean J. Plant Res. 19(4):480-487 (in Korean).
- Choi, W.S., M.J. Park, H.J. Lee, I.G. Choi and H.Y. Kang. 2010. Factors affecting *Acer mono* sap exudation: Kwangyang region in Korea. Mokchae Konghak 38(1):66-74 (in Korean).
- Crawford, D.J. 1990. Plant Molecular Systematics. Macromolecular Approaches. John Wiley & Sons. New York. pp. 388.
- Goodall-Copestake, W.P., M.L. Hollingsworth, P.M. Hollingsworth, G.I. Jenkins and E. Collin. 2005. Molecular markers and ex situ conservation of the European elms (*Ulmus* spp.). Biol. Conserv. 122:537-546.
- Hyun, K.H., H.C. Jung and J.S. Kim. 1999. Chemical compositions of the sap of *Acer mono* MAX in Cheonnam region. Korean J. Plant Res. 12(3):215-220 (in Korean).
- KFRI (Korea Forest Research Institute). 2008. Genetic Conservation of Forest in Korea. Research Data 330. pp. 174.
- Kim, C.S. and A.K. Kwak. 1994. Studies on the Environmental Factors for Sap extraction of *Acer mono* and the resource Development of its community: habitat environment and community structure. J. Ecol. Field Biol. 17(3):333-344 (in Korean).
- Kim, H.Y., S.H. Kim, K.S. Gwak, M.J. Park, W.S. Choi, H.Y. Kang and I.G. Choi. 2010. Change in chemical composition of *Acer mono* saps collected in different region and time depending on storing period. Mokchae Konghak 38(1): 75-84 (in Korean).
- Kim, S.H., Y.S. Jang, H.G. Chung, H.S. Park and K.J. Cho. 2003. Leaf morphological characteristics of *Sorbus commixta* Hedl. selected populations. J. Korean For. Soc. 92(5):488-486.
- Kim, Y. J., K.C. Kim, B.S. Lee, G.Y. Lee, K.C. Kim, J.T. Kang and T.D. Kim. 2005. The variation of leaf characteries in 6 natural populations of *Stewartia koreana* Nakai. J. Korean For. Soc. 94(6):446-452 (in Korean).
- Lee, C.B. 1990. Dendrology. Hangmoon Pub. Co., Seoul, Korea. pp. 253.
- Lee, C.H., C.H. Shin and K.S. Kim. 2007. Geographic variation in needle characteristics of *Pinus densiflora* in Korea. Korean J. Plant Res. 20(4):336-341 (in Korean).
- Lee, G.S., H.S. Byun, B.M. Lee, S.H. Ko, E.M. Jung, K.S. Gwak, I.G. Choi, H.Y. Kang, H.J. Jo, H.J. Lee and E.B. Jeung. 2008. The beneficial effect of the sap of *Acer mono* in an animal with low-calcium diet-induced osteoporosis-like symptoms. British J. Nutr. 100:1011-1018.
- Lee, K.J., J.Y. Park, K.H. Park and H. Park. 2005. Chemical composition, nutritional value, and saponin content in the spring sap of *Acer mono*. J. Korean For. Soc. 84(4): 415-423 (in Korean).
- Lee, S.W., S.C. Kim, W.W. Kim, S.D. Han and K.B. Yim. 1997. Characteristics of leaf morphology, vegetation and genetic variation in the endemic populations of a rare tree species, *Koelreuteria paniculata* Laxm. J. Korean For. Soc. 86(2):167-176 (in Korean).
- Malavasi, U.C. and M.M. Malavasi. 2003. Awareness of a conservation unit: a Brazilian case study. J. Nat. Cons. 12:137-140.
- Moon, H.S. and S.D. Kwon. 2006. Effects of sap collection on trees growth in *Acer mono* of Mt. Jiri. J. Korean For. Soc. 95(1):1-4 (in Korean).
- Moon, H.S., S.D. Kwon, S.B. Park and J.W. Goo. 2004. Sap collection and major components of *Acer mono* in Mt. Jiri. J. Ecol. Field Biol. 27(5):263-267 (in Korean).

- Qadir, S.A., C.H. Kim, M.C. Kwon, H.J. Lee, H.Y. Kang, D.H. Choi and H.Y. Lee. 2007. Comparison of anticancer and immuno-modulatory activities in the different parts of the *Acer mono* Max. and *Acer okamotoanum*. Korean J. Medicinal Crop Sci. 15(6):405-110 (in Korean).
- Song, J.H., J.J. Lee, K.S. Kang and S.D. Hur. 2008. The variation of leaf form of rare endemic *Berchemia berchemiaefolia* populations. J. Korean For. Soc. 97(4):431-436 (in Korean).
- Um, T.W. and G.T. Kim. 2006. Distribution and growth characteristics of *Acer pictum* var. *mono* in relation to topography and soil in Mt. Joongwang, Gangwon porvince. Korean J. Env. Eco. 20(2):200-207 (in Korean).
- Yoon, S.L., J.S. Jo and T.O. Kim. 1992. Utilization and tapping of the sap from birches and maples. Mokchae Konghak 20(4):15-20 (in Korean).
- 권수덕, 김종찬. 2004. 활엽수 자원조사에 따른 수액자원량 현황. 월간산림 제460호. pp. 72-74.
- (접수일 2010.7.7; 수정일 2011.3.28; 채택일 2011.9.5)