

## 느릅나무 自然集團의 翅果, 種子, 發芽 및 生長特性 變異

송정호<sup>1\*</sup> · 장경환<sup>1</sup> · 임효인<sup>1</sup> · 박완근<sup>2</sup> · 배관호<sup>3</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원 산림유전자원과, <sup>2</sup>강원대학교 산림환경과학대학,  
<sup>3</sup>경북대학교 생태환경시스템학부

## Variation of Samara, Seed, Germination and Growth Characteristics of *Ulmus davidiana* var. *japonica* Nakai Populations

Jeong-Ho Song<sup>1\*</sup>, Kyung-Hwan Jang<sup>1</sup>, Hyo-In Lim<sup>1</sup>,  
Wan-Geun Park<sup>2</sup> and Kwan-Ho Bae<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Division of Forest Genetic Resources, Korea Forestry Research Institute, Suwon 441-847, Korea

<sup>2</sup>College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

<sup>3</sup>School of Ecology & Environment system, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

**요 약:** 약용식물 느릅나무의 유전자원보존을 위하여 5개 자연집단을 대상으로 시과, 종자, 발아 및 성장특성에 대한 집단간 및 개체간 변이를 조사하였다. 전체 32개 개체목에서 시과를 채취하여 시과 및 종자특성(10개), 발아특성(3개) 및 성장특성(2개)을 포함하여 총 15개의 특성을 분석하였다. 분산분석 결과 모든 특성에서 집단간 및 개체간에 고도의 유의적인 차이가 인정되었다. 평균특성을 살펴보면, 시과길이 13.0 mm, 시과폭 9.7 mm, 시과지수 1.37, 시과 무게 0.015 g, 과경길이 3.07 mm, 종자길이 3.85 mm, 종자폭 2.66 mm, 종자지수 1.46, 종자무게 1.29 mm, 종자무게 0.0062 g, 발아율 34.8%, 평균발아일수 8.6일, 발아속도 3.5개/일, 수고 37.7 mm, 근원경 4.90 mm로 나타났다. 특히, 시과무게, 발아율, 발아속도, 수고 및 근원경 특성은 집단간 및 개체간에 30% 이상의 높은 변이계수 값을 나타냈다. 느릅나무 집단간 유연관계는 지리적 분포에 따른 특별한 경향은 나타나지 않았으며, 유집군의 유형에 대한 주성분 분석 결과 제4주성분까지가 누적변이 값이 100%를 설명하였다. 제1주성분의 기여율은 41.8%로 형질간 상관분석에서 중요성이 높았던 인자들이었고, 제2주성분의 기여율은 32.9%로 발아특성이었으며, 제3주성분의 기여율은 16.3%로 성장특성이 느릅나무 집단간 유연관계에 중요한 정보를 주는 요인으로 나타났다.

**Abstract:** *Ulmus davidiana* var. *japonica* is a deciduous tree species used for traditional medicine. This study was conducted to investigate the variation of samara, seed, germination and growth characteristics among populations and among individuals within five natural populations of *U. davidiana* var. *japonica* distributed in Korea. The ten characteristics of samara and seed, the three germination behaviors as well as the two growth traits were studied in samaras collected from total 32 trees. Statistical analysis of all characteristics showed that there were significant differences among populations as well as among individuals within populations. In this study, the mean characteristics of this species were 13.0 mm in samara length, 9.7 mm in samara width, 1.37 in samara index, 0.015 g in samara weight, 3.07 mm in samara stalk length, 3.85 seed length, 2.66 mm in seed width, 1.46 in seed index, 1.29 mm seed thickness, 0.0062 g in seed weigh, 34.8% in germination percentage, 8.6 days in mean germination time, 3.5 ea./day in gemination rate, 37.7 cm in height and 4.90 mm in root collar diameter. Especially, coefficients of variations in samara weight, germination percentage, germination rate, height and root collar diameter were relatively high ( $\geq 30.0\%$ ) compared to other traits. There was no significant relationship between population association and geographical distribution. The results of principal component analysis for 15 characteristics showed that primary four principal components (PC's) explained 100% of the total variation. The first PC accounted for 41.8% of the variability which correlated with morphological traits, the second PC accounted for 32.9% of the variability which correlated with germination behaviors and the third PC accounted for 16.3% of the variability which correlated with growth traits.

**Key words :** *Ulmus davidiana* var. *japonica*, samara, germination, growth, variation

\*Corresponding author  
E-mail: SJH8312@forest.go.kr

## 서 론

느릅나무속(*Ulmus* L.) 식물은 주로 북반구의 온대에 약 20종이 분포하고 있으며, 우리나라에는 6종 1변종이 있다(이영로, 1996). 이 중 느릅나무[*Ulmus davidiana* var. *japonica*(Rehder) Nakai]는 우리나라와 일본에만 분포하는 낙엽활엽교목으로 약용수종이다(Park, 2007). 국내에서는 해안가와 도서지역을 제외한 해발고 100~1,000 m 범위의 산기슭 및 산골짜기 완경사지의 토양유기물이 많으며 배수가 양호한 양토나 미사질양토에서 주로 자생하며 수고 15 m 흉고직경 70 cm까지 자란다(국립산림과학원, 2007). 꽃은 양성화로서 3월에 잎보다 먼저 개화하고, 열매는 둥글고 납작한 날개에 싸인 시과로서 종자가 시과의 중간에 위치하며 5~6월에 성숙한다. 국내 분포하는 느릅나무속 중에서 제일 큰 나무로 가을에 결실하는 참느릅나무와 구별되며, 수피 특성, 잎과 시과의 형태 및 털의 유무, 시과에서 종자의 위치 등에 따라 느릅나무속 수종들과 분류된다(이영로, 1996; Park, 2007).

느릅나무는 전통적으로 줄기껍질을 유백피(楡白皮), 뿌리껍질을 유근피(楡根皮), 열매를 유전(楡錢)이라고도 부르며 소화기계의 궤양치료에 민간의 약재로서 다양한 형태로 사용되어 왔다(임록재, 1999). 그러나 이러한 높은 약용적 가치로 지금까지 남벌과 약초꾼들의 무분별한 채취로 인해서 자생지 파괴가 매우 심각한 상태에 이르고 있다. 또한 느릅나무는 개화하여 결실에 이르는 기간이 짧고 단시일 내에 낙과에 이르기 때문에 종자수집이 어려우며, 특히 수명이 매우 짧은 난저장성 단명종자(Recalcitrant seed)이므로 자원보존 및 이용을 위해서는 자연집단의 안정적 보존뿐만 아니라 과학적 분석을 통한 육종전략 마련이 시급한 실정이다(탁우식 등, 2006; 송정호, 2010).

느릅나무에 대한 연구를 살펴보면 김무열과 이상태(1989)는 북한종과 생육지가 미확인된 종을 제외한 한국산 느릅나무과를 소지, 잎, 꽃, 시과 등 외부형태학적 특징과 해부학적 방법으로 5속 13종 2변종으로 재정리하였으나, 종분류와 유연관계를 명확하게 파악하기 위해서는 분자생물학적 연구를 제안하였다(김무열, 1996). 탁우식 등(2006)은 느릅나무의 현지의 보존을 위한 효율적인 양묘를 위해 채취시기별 종자 형질 및 발아특성 변화를 조사하여 적정 채취시기를 구명하였다. Nomiya(2010)는 일본에 분포하는 느릅나무속 중 느릅나무, 참느릅나무 및 난티나무에 대한 자연서식지 특성에 따른 중간 발아특성의 변화와 발아조건을 구명하고 저온처리(4)가 휴면타파에 효과가 높음을 보고한 바 있다. 최근에는 생화학적인 연구가 활발히 이루어져 약리효과와 항산화 및 항균성이 높다는 연구 결과들이 보고되고 있다(임용숙, 2010; Kim *et al.*, 2010; Zheng *et al.*, 2010).

환경변화에 따른 자연생태계 파괴와 유전자원의 소실이 급격히 증가되고 있는 현실을 고려할 때 보존대상인 유전자원을 자연 서식지 이외의 장소에 보존하는 방법으로 현지의 보존림 조성과 종자은행 등 시설보존으로 크게 구분된다. 특히 기후변화 대응 산림유전자원의 보존·관리 및 이용 활성화를 위한 지속적인 종자은행 구축 및 임목육종 재료 확보를 위해 그 중요성은 더욱 강조되고 있다. 특용자원으로서 느릅나무의 우수성은 예로부터 인정되어 왔으나 이를 적극적으로 자원화 하는 노력은 거의 이루어지지 않았으며, 특히 자생지 파괴가 매우 심각한 상태에 이르고 있어 국내에서 천연림 형태로 유지되고 있는 노령 임분을 찾아보기 어려운 점은 느릅나무 유전자원 보존 및 육종전략 마련이 시급함을 나타낸다. 이와 같이 약용식물인 느릅나무는 자생지의 현지내 보존과 더불어 현지의 보존의 중요성이 더욱 증대되고 있기 때문에 유전자원 보존을 위하여 시과, 종자, 발아 및 생장특성에 대한 집단 및 개체간 변이분석을 연구의 목적으로 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

느릅나무는 개화하여 결실에 이르는 기간이 짧고 단시일 내에 낙과에 이르기 때문에 시과 채취시기인 2010년 5월 중순경(탁우식 등, 2006)에 강원도의 양양(3), 양구(4), 정선(7), 평창(9) 및 충청북도의 청원(9) 등 5집단의 32개 개체목에서 시과를 채취하여 사용하였다.

### 2. 시과, 종자, 발아 및 생장특성 조사

채취된 시과는 집단 당 개체별로 20립씩 임의로 선별하여 시과의 길이, 폭, 지수(길이/폭) 및 무게, 종자의 길이, 폭, 지수(길이/폭), 두께 및 무게와 과경길이 특성을 각각 조사하였다. 또한 발아특성을 조사하기 위해 수집된 종자를 비가림온실에서 육묘상자(0.2 m<sup>2</sup>)에 피트모스, 펄라이트, 모래를 각각 1:1:1(v:v:v)로 혼합한 상태에 집단당 개체별로 50립씩 2반복 파종하였다. 발아특성 조사는 일별로 발아된 종자의 수를 조사하여 Scott *et al.*(1984)의 방법으로 발아율(GP=Germination Percentage), 평균발아소요일수(MGT=Mean Germination Time) 및 발아속도(GR=Germination Rate)를 각각 산출하였다. 생장특성 조사를 위해 발아된 묘목은 6월 초에 시험포지에 집단당 가계별로 m<sup>2</sup>당 36본씩 완전임의배치법(Completely randomized design)으로 이식하였다. 생장이 완료된 11월에 수고와 근원경을 집단당 가계별로 전수 조사하였다.

언어진 자료는 분산분석(Anova analysis)을 통해 측정형질의 집단간 및 개체간 변이를 분석하였으며 각 형질의 변이정도를 파악하고자 변이계수를 비교하였다. 또한 형

질간의 상호작용 조사를 위하여 상관분석(Simple correlation analysis), 집단간의 유연관계는 유집분석(Average, Centroid, Complete, Single, Ward cluster analysis), 유집군의 유형에 대한 형질간 기여도는 주성분분석(Principal component analysis)을 각각 적용하였다(SAS Institute Inc., 1996).

### 결과 및 고찰

#### 1. 시과 · 종자 특성

느릅나무 열매는 둥글고 납작한 날개로 싸여있는 시과로 성숙하면 연한 갈색으로 되며, 종자는 날개의 상부에 치우쳐 있고 털이 없는 것이 특징이다. 느릅나무 5집단에서 측정된 10개 형질의 평균특성을 살펴보면, 시과길이는 13.0 mm, 시과폭 9.7 mm, 시과지수 1.37, 시과무게 0.015 g, 과경길이 3.07 mm, 종자길이 3.85 mm, 종자폭 2.66 mm, 종자지수 1.46, 종자두께 1.29 mm, 종자무게 0.0062 g으로 각각 나타났다(Table 1). 특히, 시과길이, 종자길이 및 종자폭은 청원집단이 각각 14.0 mm, 4.17 mm 및 2.85 mm,

시과폭은 양구와 정선집단이 모두 10.2 mm, 시과지수는 평창집단이 1.55, 시과무게와 종자지수는 정선집단이 각각 0.018 g과 1.51, 과경길이, 종자두께 및 종자무게는 양양집단이 각각 3.42 mm, 1.41 mm 및 0.0079 g으로 가장 우수한 특성을 나타냈다. 각 형질특성에 대한 변이계수 값은 8.3~41.9% 범위로 매우 다양한 변이양상을 나타냈다. 시과무게에서 37.5%, 종자두께 21.2%, 종자무게 20.7%, 과경길이 20.0% 순으로 높은 변이폭을 나타낸 반면, 시과 길이는 9.3%로 상대적으로 가장 작은 변이계수 값을 나타냈다. 특히, 형질간 상관분석에서는 종자무게가 과경길이와 종자길이 특성에서 각각 정의 상관관계를 나타내었으며, 시과지수와 시과폭, 시과길이와 종자두께 특성에서는 각각 부의 상관관계를 나타냈다(Table 2).

분산분석을 통해 측정된 시과 및 종자특성에 대한 변이 분석을 실시한 결과 조사된 10가지 모든 특성들에서 집단간 및 개체간에 통계적인 유의성이 인정되었으며, 이처럼 느릅나무의 시과 및 종자특성 변이는 집단 및 형질에 따라서 다양한 변이양상을 나타내는 것으로 나타났다. 김무

**Table 1. Means and coefficients of variation for samara and seed characteristics of *Ulmus davidiana* var. *japonica* populations.**

Populations	Samara				Samara stalk length (mm)	Seed				
	Length (mm)	Width (mm)	Length /Width	Weight (g)		Length (mm)	Width (mm)	Length /Width	Thickness (mm)	Weight (g)
Cheongwon	14.0A** (10.2)	9.4B (13.9)	1.51A (11.6)	0.013CD (37.2)	2.87B (21.2)	4.17A (14.9)	2.85A (12.2)	1.47AB (12.3)	1.12C (27.9)	0.0059B (23.1)
Jeongseon	12.8BC (12.5)	10.2A (12.7)	1.27B (11.9)	0.018A (41.9)	3.29A (16.2)	3.63C (12.5)	2.47C (15.6)	1.51A (20.3)	1.30B (16.7)	0.0067AB (18.3)
Pyeongchang	12.9B (11.0)	8.6B (16.6)	1.55A (24.5)	0.015B (38.9)	2.82B (27.6)	3.87B (15.8)	2.65B (12.2)	1.47AB (14.8)	1.29B (33.1)	0.0055B (30.2)
Yanggu	12.5C (8.5)	10.2A (8.3)	1.23B (10.5)	0.012D (34.6)	2.93B (18.2)	3.81B (14.4)	2.63B (14.2)	1.45AB (11.8)	1.32B (12.9)	0.0052B (22.3)
Yangyang	12.6BC (10.4)	10.1A (14.6)	1.30B (35.9)	0.014BC (35.1)	3.42A (16.9)	3.78BC (11.3)	2.72B (10.6)	1.40B (14.0)	1.41A (15.6)	0.0079A (9.8)
Mean	13.0 (10.5)	9.7 (13.2)	1.37 (18.9)	0.015 (37.5)	3.07 (20.0)	3.85 (13.8)	2.66 (12.9)	1.46 (14.5)	1.29 (21.2)	0.0062 (20.7)

( ): Coefficient of variation, \*\*: Different letters indicate Duncan's multiple range tests (Significant at p<0.01).

**Table 2. Simple correlation coefficients in samara and seed characters.**

Source	Samara length (SLE)	SWD	SLE /SWD	SWE	SSL	SL	SW	SL /SW	ST
Samara Width (SWD)	-0.415								
SLE/SWD	0.678	-0.942*							
Samara Weight (SWE)	-0.148	0.031	-0.062						
Samara Stalk Length (SSL)	-0.444	0.680	-0.627	0.448					
Seed Length (SL)	0.858	-0.497	0.693	-0.604	-0.634				
Seed Width (SW)	0.662	-0.340	0.537	-0.712	-0.347	0.904*			
SL/SW	0.291	-0.161	0.162	0.597	-0.303	-0.094	0.496		
Seed Thickness (ST)	-0.928*	0.404	-0.604	0.159	0.649	-0.792	-0.478	-0.517	
Seed Weight	-0.192	0.425	-0.309	0.352	0.920*	-0.347	-0.023	-0.443	0.504

\*: Significant at p<0.05.

열과 이상태(1989)는 느릅나무과의 분류학적 연구에서 시과특성은 느릅나무와 당느릅나무가 1.5 cm 이하, 중느릅나무와 왕느릅나무가 1.6 cm 이상으로 보고한 바 있다. 탁우식 등(2006)은 느릅나무의 종자 채취시기는 종자 크기와 정의 상관관을 나타내 초기에는 길이가 폭보다 큰 타원형의 모습을이지만 점차 길이와 폭의 비율이 유사해지면서 원형의 모습을 나타내며, 시과의 길이와 폭, 종자의 길이와 폭을 각각 13.60 mm, 13.67 mm, 4.14 mm, 3.21 mm로 보고한바 있는데, 이에 비해 본 연구의 느릅나무 시과는 모든 지역에서 종자지수가 1.23~1.51로서 타원형에 가까운 것으로 나타났다(Table 1).

## 2. 발아특성

느릅나무 종자는 난저장성 단명종자(recalcitrant seed)로 실온에 2일 이상 존치하면 활력이 거의 상실되므로 채종 즉시 파종하여 종자활력을 조사하였다(Table 3). 느릅나무 5집단의 발아특성은 집단간에 많은 차이를 보였으며, 평균발아율은 34.8%, 평균발아일수 8.6일, 평균발아속도 3.5 개/일로 나타났다. 특히 양양집단은 발아율이 71.0%로 가장 높았으며, 평균발아일수도 5.8일로 단기간 내에 발아하고 평균발아속도도 6.5개/일로 우수한 발아특성을 나타냈다. 상대적으로 평창집단은 가장 저조한 발아특성을 나타냈다. 각 형질에 대한 변이계수 값은 발아속도에서 102.2%로 가장 높은 변이폭을 나타냈으며, 발아율은 74.9%, 평균발아일수는 21.6%의 순으로 나타났다. 특히 가장 우수한 발아특성을 보였던 양양집단을 제외한 나머지 집단들에서는 발아특성에 대한 개체간 변이가 매우 심한 것으로 나타났다.

발아특성에 대한 분산분석을 실시한 결과 모든 특성들에서 집단간 및 개체간에 통계적인 고도의 유의성이 인정되었다. 느릅나무는 종자채취 시기에 따라 종자의 발아율에 많은 차이가 있으며 성숙단계에 도달해 시과에 건조가 일어나 색깔이 황색으로 바뀌기 시작하면 단기간에 활력이 급속히 상실되는 것으로 보고되고 있는데, 이와 같은

**Table 3. Means and coefficients of variation for seed germination behaviors of *Ulmus davidiana* var. *japonica* populations**

Populations	Germination percentage (%)	Mean germination time (days)	Germination rate (ea./day)
Cheongwon	24.7C (82.6)**	7.1B (21.0)	2.3B (95.8)
Jeongseon	14.0CD (158.5)	11.9A (22.3)	0.8B (174.1)
Pyeongchang	6.0D (78.9)	11.0A (21.2)	0.4B (113.5)
Yanggu	58.3B (34.8)	7.3B (38.4)	7.5A (108.9)
Yangyang	71.0A (19.5)	5.8B (4.94)	6.5A (18.7)
Mean	34.8 (74.9)	8.6 (21.6)	3.5 (102.2)

( ): Coefficient of variation, \*\*: Different letters indicate Duncan's multiple range tests (Significant at p<0.01).

**Table 4. Simple correlation coefficients in seed germination behaviors characters.**

Source	Germination percentage	Mean germination time
Mean germination time	-0.840	
Germination rate	0.963**	-0.802

\*\*: Significant at p<0.01.

특성이 본 연구에서 집단간 및 개체간 발아특성에 많은 차이를 나타내는 원인으로 판단된다(탁우식 등, 2006; 송정호, 2010). 또한 발아특성에 대한 상관분석 결과 발아율과 발아속도에서만 높은 정의 상관관계를 나타냈다(Table 4).

탁우식 등(2006)은 느릅나무의 효율적인 양묘를 위한 종자의 채취적기는 5월 초순경(발아율 89.5%)이며 채취 시기에 따라 많은 차이가 있다고 하였는데, 본 연구결과에서도 지역간에 많은 차이를 보이는 것으로 사료된다. 또한 Nomiya(2010)는 느릅나무 종자의 발아는 변온(20-30°C)의 광조건에서 99%의 높은 발아율을 보인 반면 대조구인 23°C 온도조건에서는 80% 정도 활력을 나타냈으며, 참느릅나무는 23.8%, 난티나무는 65.2% 정도 활력을 나타내 수종간에도 많은 차이가 존재하는 것으로 보고된다. Kim *et al.*(2010)은 참느릅나무 종자의 활력을 평가할 수 있는 생리적인 민감성 지표로 EC, Mg<sup>2+</sup>, 전분, 가용성 당 등을 보고한 바 있어 느릅나무류는 여러 가지 원인에 의한 발아력 및 종자활력에 차이가 있다고 사료된다.

## 3. 생장특성

느릅나무 5집단의 1년생 수고 및 근원경 생장에 대한 분산분석결과 집단간 및 개체간에 통계적으로 고도의 유의적인 차가 인정되었다(Table 5). 평균생장특성은 수고 37.7 cm, 근원경 4.90 mm로 나타났으며, 정선집단이 수고와 근원경 생장에서 각각 47.1 cm와 5.39 mm로 가장 우수한 특성을 나타냈다. 생장특성에 대한 변이계수 값은 수고 32.2%, 근원경 33.6%로 비교적 높은 값을 나타냈다. 동일한 느릅나무속 수종들에 대한 포지에서의 1년생 수고와 근원경 생장은 비술나무 각각 31.9 cm와 4.40 mm, 왕느

**Table 5. Means and coefficients of variation for growth traits by *Ulmus davidiana* var. *japonica* population.**

Populations	Height (cm)	Root collar diameter (mm)
Cheongwon	38.1B (33.4)**	4.13BC (32.1)
Jeongseon	47.1A (23.5)	5.39A (26.1)
Pyeongchang	29.9C (29.0)	4.76B (34.4)
Yanggu	32.0C (33.4)	4.13C (32.1)
Yangyang	41.1B (41.4)	5.37A (39.7)
Mean	37.7 (32.2)	4.90 (33.6)

( ): Coefficient of variation, \*\*: Different letters indicate Duncan's multiple range tests (Significant at p<0.01).

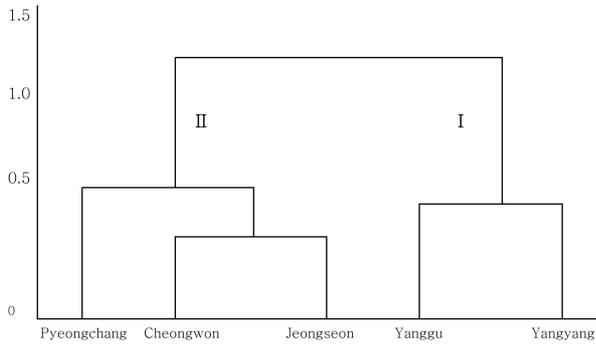


Figure 1. Dendrogram by average linkage method using 15 characteristics for *U. davidiana* var. *japonica*.

릅나무 각각 27.2 cm와 3.67 mm를 나타내 느릅나무가 이들 수종들에 비해 양호한 생장을 나타냈다.

탁우식 등(2006)에 의하면 느릅나무 종자 채취시기에 따른 유묘 생장은 채취적기에 수집된 과종묘에서 가장 우수한 특성을 보였으며 수고 29.9 cm, 근원경 2.64 mm 정도 성장하는 것으로 보고된바 있어 본 연구결과와는 집단 및 개체간에 많은 차이를 나타냈다. 또한 임업연구원(1994) 양묘사업기준에 의하면 느릅나무 묘목형질은 시업본수를 m<sup>2</sup>당 81본을 실시하면 1-0묘의 수고는 23 cm, 근원경은 3 mm로 보고된 바 있다. 일반적으로 임목종자는 종자의 중량이 무겁고 형태가 큰 개체일수록 발아특성이 양호하며 초기 성장도 우수한 것으로 보고되고 있으나(Khan *et al.*, 1999; Navarro and Guitian, 2003; 최충호 등, 2007) 본 연구 수종인 느릅나무는 단명종자로 종 특유의 경향을 나타냈다.

4. 유집분석

시과, 종자, 발아 및 성장특성에 관한 15개 형질을 이용한 느릅나무 집단간의 유집분석을 실시한 결과 전체 집단은 크게 2그룹으로 나뉘었다(Figure 1). Average, Centroid, Complete, Single 및 Ward 방법에 의한 유집분석을 실시한 결과 모두 동일한 경향을 나타내었으며, 이중 Average 방법에 의한 유집분석 결과만을 나타냈다. Euclidean distance 0.34에서는 지리적으로 가까운 양구와 양양집단이 서로 유연관계가 높은 한 그룹으로 유집되었으며, Euclidean distance 0.48에서는 지리적 거리와 관계없이 평창, 청원 및 정선집단이 다른 하나의 그룹을 이루었다. 느릅나무는 전국으로 광범위하게 분포하고 있지만 일부 제한된 지역의 한정된 계곡부나 사면에서만 생육하는 종 특성으로 인해 지리적으로 가까운 집단들이 유전적으로 가깝게 묶이지 않은 것으로 판단된다.

5. 주성분분석

집단간의 유연관계 분석에 이용된 15가지 형질들의 기여도를 추정하기 위한 주성분분석 결과, 제4주성분까지가

Table 6. Results of principal component analysis of 15 characteristics for *Ulmus davidiana* var. *japonica*.

Characteristics	Prin 1	Prin 2	Prin 3	Prin 4
Samara length	-.2931	0.01225	0.3893	0.2581
Samara width	0.3145	-.0820	-.0077	0.5090
Samara length/width	-.3360	0.0630	0.1929	-.3683
Samara weight	0.1250	0.4221	0.0822	-.0634
Samara stalk length	0.3658	0.0530	0.2442	-.0233
Seed length	-.3208	-.1901	0.2587	0.0945
Seed width	-.2066	-.2994	0.3397	-.0702
Seed length/width	-.1373	0.3650	-.1193	0.3761
Seed thickness	0.3315	-.0468	-.1864	-.4007
Seed weight	0.2873	0.0125	0.4204	-.1901
Germination percentage	0.2362	-.3621	0.0172	0.0341
Mean germination time	-.0514	0.4208	-.2057	-.0611
Germination rate	0.1889	-.3818	-.1235	0.1179
Height	0.2313	0.1995	0.3594	0.3386
Root of collar diameter	0.2200	0.2314	0.3870	-.2207
Eigenvalue	6.2726	4.9404	2.4506	1.3364
Difference	1.3322	2.4898	1.1141	1.3364
Proportion	0.4182	0.3294	0.1634	0.0890
Cumulative	0.4182	0.7475	0.9109	1.0000

Eigenvalue 1.0 이상으로 전체 분산에 대한 설명력은 100%였다(Table 6). 제1주성분의 기여율은 41.8%로 시과 무게, 과경길이, 종자두께의 기여도가 0.315~0.366으로 높았으며, 반면 시과폭과 종자지수는 높은 음의 기여도를 나타냈다. 따라서 제1주성분은 주로 형태적 특성들에서 변이계수 값이 크며 형질간 상관분석에서 중요성이 높았던 인자들에 의해 설명되는 주성분으로 해석된다. 또한 형질간 상관분석에서 과경길이와 유의적인 정의상관을 보였던 종자무게는 동일한 양의 기여도를, 종자두께와 부의상관을 보였던 시과길이는 서로 상반된 경향을 나타내 상관분석과 주성분분석에서 특성간 동일한 경향을 나타냈다. 제2주성분의 기여율은 32.9%로 평균발아일수, 발아율, 발아속도, 시과무게, 종자지수의 기여도가 높은 것으로 나타나 주로 발아특성에 의해 설명되는 주성분으로 해석된다. 특히, 상관분석에서 발아율과 발아속도는 높은 정의상관을 보였는데 주성분 기여도에서도 서로 높은 음의 기여도를 나타내 특성간 비슷한 경향을 나타냈다. 제3주성분의 기여율은 16.3%로 수고, 근원경, 시과지수, 종자폭, 종자무게의 기여도가 높게 나타났으며 대체적으로 성장특성에 의해 설명되는 주성분으로 해석되며, 제4주성분의 기여율은 8.9%로 수고, 시과무게, 종자두께의 기여도가 높게 나타나 느릅나무 집단간 유연관계에 중요한 정보를 주는 요인으로 나타났다.

결론

약용식물인 느릅나무의 유전자원보존을 위하여 자연집

단의 시과, 종자, 발아 및 성장특성에 대한 집단간 및 개체간 변이를 조사하였다. 전체 5개 집단 32개 개체목에서 시과를 채취하여 시과 및 종자특성(10개), 발아특성(3개) 및 성장특성(2개)을 포함하여 총 15개의 특성을 분석하였다. 분산분석 결과 모든 형질들에서 집단간 및 개체간에 고도의 유의적인 차이가 인정되었다. 평균특성을 살펴보면, 시과길이 13.0 mm, 시과폭 9.7 mm, 시과지수 1.37, 시과무게 0.015 g, 과경길이 3.07 mm, 종자길이 3.85 mm, 종자폭 2.66 mm, 종자지수 1.46, 종자두께 1.29 mm, 종자무게 0.0062 g, 발아율 34.8%, 평균발아일수 8.6일, 발아속도 3.5개/일, 수고 37.7 cm, 근원경 4.90 mm로 나타났다. 특히, 시과무게, 발아율, 발아속도, 수고 및 근원경 특성은 집단 및 개체간에 30% 이상의 높은 변이계수 값을 나타냈다. 또한 15가지 형질 특성에 대한 상관분석을 실시한 결과 발아율과 발아속도, 종자무게와 과경길이, 종자길이와 종자무게 특성에서만 높은 정의 상관관계를 나타냈으며, 시과지수와 시과폭, 시과길이와 종자두께 특성에서는 높은 부의 상관관계를 나타냈다. 느릅나무 집단간 유연관계는 거리지수 0.48에서 크게 2그룹으로 나뉘었으나 지리적으로 가까운 집단들이 유전적으로 가깝게 묶이지는 않았다. 유집군의 유형에 대한 주성분분석결과 제4 주성분까지가 전체 변이 값의 100%를 설명하였다. 제1 주성분의 기여율은 41.8%로 시과무게, 과경길이, 종자두께의 기여도가 0.315~0.366으로 높았으며, 반면 시과폭과 종자지수는 높은 음의 기여도를 나타냈다. 따라서 제1 주성분은 형태적 특성들에서 변이계수 값이 크며 형질간 상관 분석에서 중요성이 높았던 인자들에 의해 설명되는 주성분으로 해석된다. 제2 주성분의 기여율은 32.9%로 시과무게, 종자지수, 평균발아일수, 발아율, 발아속도의 기여도가 높은 것으로 나타나 주로 발아특성에 의해 설명되는 주성분으로 해석된다. 제3 주성분의 기여율은 16.3%로 수고, 근원경, 시과지수, 종자폭, 종자무게의 기여도가 높게 나타났으며 대체적으로 성장특성에 의해 설명되는 주성분으로 해석되며, 제4 주성분의 기여율은 8.9%로 수고, 시과무게, 종자두께의 기여도가 높게 나타나 느릅나무 집단간 유연관계에 중요한 정보를 주는 요인으로 나타났다.

## 인용문헌

1. 국립산림과학원. 2007. 한국의 유용수종 100선. (주)인쇄 그룹형제. pp. 36-39.
2. 김무열, 이상태. 1989. 한국산 느릅나무과의 분류학적 연

3. 구. 한국식물분류학회지 19(1): 31-78.
4. 김무열. 1996. 형태학적 형질에 의한 한국산 느릅나무과의 분류학적 연구. 한국식물분류학회지 6(3): 163-181.
5. 송정호. 2010. 약용수종 느릅나무 종자수명. 월간산림 536호 pp. 95-97.
6. 이영로. 1996. 원색한국식물도감. 교학사. pp. 73-74.
7. 임록재. 1999. 조선약용식물지(III). 농업출판사. p. 192.
8. 임용숙. 2010. 유근피와 유백피 추출액의 유지에 대한 항산화 효과. 한국식품저장유통학회 17(1): 107-116.
9. 최충호, 조정진, 탁우식. 2007. 소나무 우량 임분의 구과 생산량에 따른 종자 및 발아특성. 한국임학회지 96(3): 317-324.
10. 탁우식, 최충호, 김태수. 2006. 채취 시기에 따른 느릅나무의 종자 형질 및 발아 특성 변화. 한국임학회지 95(3): 316-322.
11. Khan, M.L., Bhuyan, P., Shankar, U. and Todaria, N.P. 1999. seed germination and seedling fitness in *Mesua ferrea* L. in relation to fruit size and seed number per fruit. Acta Oecologia 20: 599-606.
12. Kim, D.H., Han, S.H. and Song, J.H. 2010. Evaluation of the inorganic compound leakage and carbohydrates as indicator of physiological potential of *Ulmus parvifolia* seeds. New Forests 41: 3-11.
13. Kim, J.K., Kwon, D.J. and Lim, S.S. 2010. Antioxidant and Anti-inflammatory activity of stem bark extracts from *Ulmus davidiana* var. *japonica*. Mokchae Konghak 38(5): 444-449.
14. Navarro, L. and Guitian, J. 2003. Seed germination and seedling survival of two threatened endemic species of the northwest Iberian peninsula. Biological Conservation 109: 313-320.
15. Nomiya, H. 2010. Differentiation of seed germination traits in relation to the natural habitats of three *Ulmus* species in Japan. Journal of Forest Research 15: 123-130.
16. Park, C.W. 2007. The Genera of Vascular Plants of Korea. Academy Publishing Co. Seoul. pp. 1482.
17. SAS Institute Inc., 1996. SAS/STAT User's Guide, version 6.12 SAS Institute., USA.
18. Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science 24: 1160-1162.
19. Zheng, M.S., Yang, J.H., Li, Y., Chang, H.W. and Son, J.K. 2010. Anti-inflammatory activity of constituents isolated from *Ulmus davidiana* var. *japonica*. Biomolecules & therapeutics 18(3): 321-328.