

韓國産 느릅나무속 3樹種의 種子貯藏性 및 發芽特性

송정호*, 임효인, 장경환

국립산림과학원 산림유전자원부

Germination Behaviors and Seed Longevities of Three *Ulmus* Species in Korea

Jeong Ho Song*, Hyo In Lim and Kyung Hwan Jang

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

Abstract - This study was conducted to investigate temperature effect on seed germination behaviors and seed viability changes by drying periods of three *Ulmus* species (*Ulmus davidiana* var. *japonica* (Rehder) Nakai, *U. pumila* L., and *U. parvifolia* Jacq.) distributed in Korea. Statistical analysis showed that temperature had a significant effect on mean germination time in three *Ulmus* species, but its effect on germination percentage was only shown in *U. parvifolia* ($p < 0.01$). *U. davidiana* var. *japonica* and *U. pumila* germinated relatively consistent in all temperature conditions, especially the latter showed high germination behaviors in low temperatures (10-15°C). *U. parvifolia* germinated well in high temperature (25°C), while this species rarely germinated in low temperature conditions (10-20°C). The results confirm that seeds of *U. pumila* and *U. parvifolia* are orthodox seeds which can be stored under 4-8% moisture condition, and *U. davidiana* var. *japonica* seed is recalcitrant seed which is difficult to store for a long time. In conclusion, these differences of the germination behaviors for three *Ulmus* species seem to be adaptive regimes of their natural habitats, respectively.

Key words - *Ulmus davidiana*, *U. pumila*, *U. parvifolia*, Germination, Longevity

서 언

종자은행(Seed bank)은 종자를 장기간 저장하는 매우 효과적인 수단이고 미래에 식물을 재생할 수 있는 기반으로서 그 중요성이 인식되고 있으며, 전 세계적으로 수가 증가하는 추세이다(van Slageren, 2003; Cochrane *et al.*, 2007). 종자은행과 더불어 각 수종에 따른 종자의 저장조건은 장기간 종자의 활력을 유지하는데 매우 중요한 자료이다(Walsh *et al.*, 2003). 또한 종자의 발아특성은 수목이 적합한 서식환경 조건에서 갱신될 수 있도록 치수 발생 시기를 조절하여(Donohue 2003; Abe *et al.*, 2008) 수종의 분포 및 갱신을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 따라서 시설저장이나 자생지 환경과 유사한 입지조건 등 현지의 보존에 있어서 종자의 저장성 및 발아특성에 대한 많은 연구가 필요한 실정이다.

느릅나무속(*Ulmus* L., Ulmaceae)은 약 30종이 북반구의 열대와 온대지역에 걸쳐 분포하며 한반도에서는 7분류군[비술나무(*U. pumila* L.), 당느릅나무(*U. davidiana* Planch. var. *davidiana*), 느릅나무(*U. davidiana* var. *japonica*(Rehder) Nakai), 중느릅나무(*U. x mesocarpa* M.Kim & S.Lee), 왕느릅나무(*U. macrocarpa* Hance), 난티나무(*U. laciniata*(Trautv.) Mayr), 참느릅나무(*U. parvifolia* Jacq.)]이 자생하는 것으로 알려져 있다(Kim and Lee, 1989; Kim, 1996, 2007). 대부분의 느릅나무속은 계곡과 수변지역에 분포하며(Johnson *et al.*, 1976; Peterken and Mountford, 1998) 종자결실의 시기(여름결실, 가을결실)에 따라 2가지 형태로 크게 분류되는데, 우리나라에서 참느릅나무를 제외한 대부분은 여름결실의 형태에 속한다. 또한 여름결실의 느릅나무속은 종자가 시과의 정단부에 위치한 형태와 중앙 및 하단부에 치우친 형태로 구분되는데(Fu and Whittemore, 2003), 우리나라에 분포하는 느릅나무속은 전자에 느릅나무와 당느릅나무가 속

*교신저자(E-mail) : SJH8312@forest.go.kr

하며, 후자에 비술나무, 왕느릅나무, 중느릅나무 및 난티나무가 포함된다(Kim and Lee, 1989; Lee, 1993; Kim, 1996, 2007).

느릅나무 및 비술나무의 껍질은 전통적으로 유평(榆皮)라는 약재로서 치습(治濕), 이뇨, 소종독(消腫毒)의 처방제로서 우리나라뿐만 아니라 중국, 대만 등 여러 국가에서 전통적으로 널리 사용되어 왔다(Im, 1999; Lee *et al.*, 2004). 최근에는 느릅나무의 항산화작용(Lee *et al.*, 2004), 참느릅나무의 진통 및 항알러지작용(Cho *et al.*, 1996) 등 약리 효과가 인정되면서 다양한 느릅나무속 수종의 중요성이 증가하고 있다. 그러나 이러한 높은 약용적 가치로 남벌과 약초꾼들의 무분별한 채취가 일어나서 자생지 파괴가 매우 심각한 수준에 이르게 되었다. 느릅나무속은 대부분 개화하여 결실에 이르는 기간이 짧고 단시일 내에 비산하기 때문에 종자수집이 어려우며, 특히 느릅나무를 비롯한 일부 수종은 수명이 매우 짧은 난저장성 단명종자(Recalcitrant seed)이므로 종자에 대한 연구 및 육종전략 마련이 시급한 실정이다(Tak *et al.*, 2006).

Cicek and Tilki(2007)는 터키에 분포하는 느릅나무속 3수종(*U. minor* Mill., *U. glabra* Huds., *U. laevis* Pall.) 이 온도와 광조건에 따라 발아특성에 차이가 있음을 보고 하였으며, Nomiya(2010)는 일본에 분포하는 느릅나무류 3수종(느릅나무, 난티나무, 참느릅나무)의 온도 및 저온처리에 따른 수종간 차이를 규명하고 수종별 발아특성이 자연 집단의 분포에 영향을 준다고 주장하였다. 이처럼 외국의 경우 수종에 따른 발아특성의 비교 연구가 이루어졌으나 우리나라에서는 단일수종에 대한 채취시기(Tak *et al.*, 2006) 및 저장방법(Chung, 1993)에 대한 일부 연구가 진행되었을 뿐 수종별 비교 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 자원적 측면에서 이용가치가 풍부한 느릅나무속의 현지의 유전자원 보존전략 수립을 위한

기초 자료를 제공하기 위하여 느릅나무, 비술나무 및 참느릅나무에 대한 발아특성 및 종자저장성을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

공시재료

느릅나무속 중 비술나무, 느릅나무 및 참느릅나무를 대상으로 느릅나무와 비술나무는 2010년 5월에 참느릅나무는 10월에 열매 결실이 좋고 생장, 건강도 등이 양호한 성목에서 각각 종자를 채취하였다(Table 1).

발아특성 및 저장성 조사

발아특성 조사를 위하여 종자를 1일간 침수처리 한 후 Petri-dish에 여과지(Whatmann No. 2) 2매를 깔고 멸균수를 넣어 적습상태가 유지된 조건의 종자 발아상에서 각각 25립씩 4반복으로 치상하였다. 온도에 따른 발아특성을 확인하기 위해 광조건 하의 10, 15, 20, 25℃ 조건에서 조사하였다. 발아개시 후부터 유근이 2 mm 이상 출현하였을 때를 발아한 것으로 간주하고 매일 발아된 종자의 개수를 조사하여 Scott *et al.*(1984)의 방법으로 발아율(GP = Germination Percentage), 평균발아소요일수(MGT = Mean Germination Time) 및 발아속도(GR = Germination Rate)를 산출하였다. 또한 수종별 종자의 수명을 조사하기 위하여 25℃ 생장상에 종자를 망에 담아 보관하고 수종별 발아적온에서 저장기간에 따른 종자의 수분함량 변화와 발아율을 각각 조사하였다. 느릅나무와 참느릅나무는 7차(1일 간격), 비술나무는 5차(1주일 간격)에 걸쳐 수종별로 각각 25립씩 3반복으로 처리하여 저장성을 조사하였다. 비술나무는 예비실험에서 1일 간격으로 실험을 하였을 때 건조기간에 따른 종자 활력의 차이가 나타나지 않아 본 실험에서는 1주일 간격으로 실험하였다. 종자의 저장기간에 따른 수분

Table 1. General information of three *Ulmus* species in Korea (Lee, 1993; Kim, 2007)

Species	Regional distribution	Flowering	Fruiting	Seed source
<i>U. davidiana</i> var. <i>japonica</i>	All provinces	March	April-May	Mt. Odae-san (Gangwon province)
<i>U. pumila</i>	Northern provinces	March	May	Jeongseon-gun (Gangwon province)
<i>U. parvifolia</i>	Central and Southern provinces	September	October	Suwon city (Gyeonggi province)

함량은 MA 150 수분 측정기(Sartorius AG, Germany)를 이용하여 103°C 조건에 10립 3반복으로 산출하였다.

결과 및 고찰

발아적온

느릅나무, 비술나무 및 참느릅나무 수종의 온도조건에 따른 발아특성은 Table 2에 나타났다. 느릅나무는 15~20°C 온도조건에서 44.4~44.7%로 높은 발아율을 나타냈으며, 평균발아일수 13.1~15.8일, 발아속도 0.72~0.88개/일로 나타났다. 참느릅나무는 25°C 조건에서 56.0%의 가장 높은 발아율을 나타냈으며, 평균발아일수 4.9일, 발아속도 3.30개/일로 우수한 것으로 나타나 발아적온으로 추정되었다. 한편, 비술나무는 모든 온도조건에서 74.0~89.0%의 매우 높은 발아율을 나타냈으며, 평균발아일수(1.3~4.8일) 및 발아속도(5.27~15.90개/일)도 매우 우수한 특성을 나타냈다. 특히, 비술나무는 느릅나무 및 참느릅나무와는 달리 저온에서도 발아율이 매우 높았으며 발아에 소요되는 일수가 짧고 발아속도도 높게 나타나 가장 우수한 발아특성을 나타냈다.

종자 발아시기에 있어서도 비술나무와 참느릅나무의 경우는 치상 후 1~2일부터 발아가 시작되었으며, 느릅나무는 치상 후 5일부터 발아가 시작되어 수종간 차이를 나타

냈다(Fig. 1). 특히, 참느릅나무 종자의 발아는 온도조건에 따른 영향이 매우 큰 것으로 나타났다.

느릅나무, 비술나무 및 참느릅나무 수종의 온도조건에 따른 발아특성에 대한 분산분석을 실시한 결과 3수종 모두 평균발아일수에서는 통계적으로 고도의 유의적인 차이가 인정되었다(Table 3). 발아율과 발아속도에 있어서는 느릅나무와 비술나무의 경우 온도조건에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 참느릅나무는 발아율에 있어서 온도조건에 따른 고도의 유의성이 인정되었다.

대체적으로 느릅나무류 3수종의 발아율은 수종간 많은 차이를 나타냈으나 느릅나무와 비술나무는 모든 온도조건에서 비교적 유사한 발아율을 나타낸 반면, 참느릅나무는 10~20°C 온도조건에서는 거의 발아가 되지 않았으며 25°C 이상의 고온에서 발아가 되는 독특한 특성을 나타냈다. Cicek and Tilki(2007)는 터키에 분포하는 느릅나무속 3수종의 종자발아는 *U. minor*와 *U. glabra*의 경우 온도 및 광조건에 민감한 것으로 나타났으나 *U. laevis*에서는 특별한 경향이 없는 것으로 보고한 바 있는데, 본 연구 수종들인 느릅나무, 비술나무 및 참느릅나무 수종에서도 온도에 따른 발아특성의 차이가 매우 큰 것을 확인할 수 있었다.

수종별 발아특성에 따른 변이계수 값을 살펴보면 대체적으로 발아율과 발아속도에서 변이가 큰 것으로 나타났으며, 발아특성이 가장 우수한 비술나무는 각각 4~10%, 10

Table 2. Germination behaviors of three *Ulmus* species

Species	Temperature (°C)	Germination percentage (%)	Mean Germination Time (days)	Germination Rate (ea./day)
<i>U. davidiana</i> var. <i>japonica</i>	10	36.0(95)*	27.8(14)	0.38(106)
	15	44.7(41)	15.8(16)	0.72(57)
	20	44.4(28)	13.1(19)	0.88(45)
	25	38.9(58)	13.2(16)	0.77(35)
<i>U. pumila</i>	10	89.0(4)	4.8(13)	5.27(13)
	15	85.0(7)	2.7(18)	8.87(20)
	20	74.0(10)	1.3(42)	15.90(35)
	25	84.0(8)	2.1(6)	10.17(10)
<i>U. parvifolia</i>	10	1.0(200)	12.0(0)	0.02(200)
	15	4.0(82)	6.5(13)	0.16(93)
	20	19.0(43)	5.8(10)	0.96(50)
	25	56.0(15)	4.9(8)	3.30(19)

()* : Coefficient of variation.

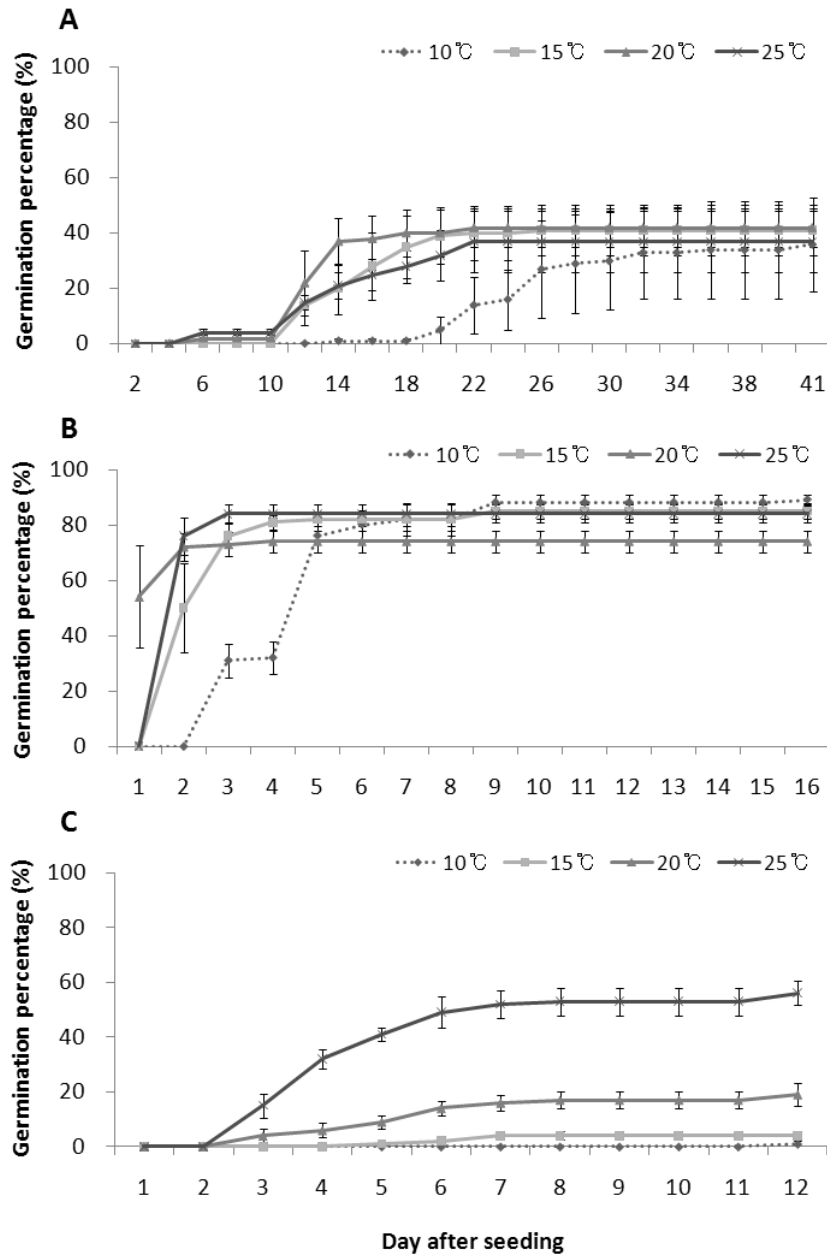


Fig. 1. Effect of temperature on seed germination of three *Ulmus* species. A. *U. davidiana* var. *japonica*; B. *U. pumila*; C. *U. parvifolia*.

Table 3. Values of analysis variance for germination behaviors on temperature of three *Ulmus* species

Species	Germination percentage (%)	Mean Germination Time (days)	Germination Rate (ea./day)
<i>U. davidiana</i> var. <i>japonica</i>	0.08	25.89**	0.12
<i>U. pumila</i>	0.14	13.51**	2.70
<i>U. parvifolia</i>	113.00**	19.39**	3.54

** : Significant at $p < 0.01$.

~35%로서 비교적 적은 변이 값을 나타냈다. 그러나 느릅나무와 참느릅나무는 각각 28~95%와 35~106%, 15~200%와 19~200%로 매우 높은 변이계수 값을 나타냈으며, 특히 10°C 낮은 온도조건에서 두 수종 모두 높은 변이계수 값을 나타냈다. Tak *et al.*(2006)에 의하면 느릅나무는 종자 채취 시기에 따라 종자의 발아율에 많은 차이가 있으며 성숙단계에 도달해 시과에 건조가 일어나 색깔이 황색으로 바뀌기 시작하면 단기간에 활력이 급속히 상실되는 것으로 보고되고 있다. 이와같은 현상은 삼나무(Son *et al.*, 2009)와 주걱쭉부쟁이(Lee and Nam, 2009)에서도 나타나 종자의 채취시기가 종자의 활력에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다. 따라서 이러한 종자 특성이 느릅나무 및 근연종인 참느릅나무의 발아특성에 많은 변이를 나타내는 원인으로 사료된다. 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 보고하였다. Kim *et al.*(2011)은 참느릅나무 종자의 활력을 평가할 수 있는 생리적인 민감성 지표로 EC, Mg²⁺, 전분, 가용성 당 등을 보고한 바 있어 느릅나무속 수종은 여러 가지 원인에 따라 발아력 및 종자활력에 차이가 있다고 판단된다.

종자 저장성

느릅나무, 비솔나무 및 참느릅나무 종자의 수명을 조사하기 위하여 25°C 생장상에 종자를 저장하고 저장기간별 수분함수율과 발아율을 조사한 결과는 Fig. 2에 나타났다. 발아율은 본 연구에서 얻어진 수종별 발아적온인 느릅나무 20°C, 비솔나무 10°C, 참느릅나무 25°C 온도조건에서 각각 조사하였다. 느릅나무는 저장기간이 길어질수록 발아율 및 종자의 함수율이 급격하게 감소되는 경향을 나타냈다. 저장하기 전에는 가장 높은 46%의 발아율을 나타냈으나 저장 2일부터는 활력이 9% 범위로 현저히 떨어졌으며, 수분함수율도 저장전 78%에서 저장 2일째는 14%(열매) 정도로 현저히 감소되었다. 이처럼 느릅나무 종자는 성숙단계에 도달해 종자에 건조가 일어나기 시작하면 활력이 급속히 감소되므로 열매의 건조가 시작되는 이전 단계(유숙기)에서 보존하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

비솔나무는 느릅나무와는 상이하게 유숙기에 종자의 활력이 없어 종자 채취적기인 황숙기의 종자로 종자 함수율

이 저장전이나 저장 28일 동안 5.9% 범위로 거의 변동이 없었으며 발아율도 88~94% 범위로 높은 활력을 유지하는 것으로 나타났다. 참느릅나무는 종자 함수율이 저장전 37%에서 저장 1일째 7.4%까지 급격히 감소되었으며 저장 6일째까지 유지되는 것으로 나타났으나 저장기간에 따른 수분함수율 감소에 따른 활력 감소는 나타나지 않았다. 일반적으로 저장성 종자(Orthodox seed)는 종자 성숙단계인 황숙기에 종자를 채취하여 4~6% 정도의 낮은 종자 수분함수율에서 장기간 저장이 가능한데 비솔나무와 참느릅나무 종자는 동일한 조건에서 종자의 보존이 가능한 저장성 종자로 판명되었다. 그러나 느릅나무 종자의 경우 수분함수율 5% 정도에서는 종자 보존이 어려운 난저장성 종자(Recalcitrant seed)로 나타났다. Tak *et al.*(2006)에 의하면 느릅나무 열매는 색깔이 황색으로 변하기 전인 유숙기에 발아율이 가장 높고 이후 수분함수율이 감소하면서 발아율이 감소된다고 보고된 바 있어 본 연구에서와 동일한 경향을 나타냈다. Chung(1993)은 참느릅나무는 종자의 수분함수율을 13% 범위로 건조시킨 뒤 밀봉저장하는 것이 효과적이라고 언급하였다. 또한 Barbour and Brinkman(2008)은 참느릅나무 종자의 저장성을 10~15% 정도 수분함수율을 유지하면 6개월 정도, 비솔나무는 3~5%의 종자 수분함수율을 유지하면 8년 정도 저장이 가능한 것으로 보고하였는데 본 연구결과와는 다소 차이를 나타낸다. 즉, 참느릅나무와 비솔나무 종자는 저장성종자로 종자 함수율을 5% 범위로 유지하여도 시설저장에는 문제가 없는 것으로 사료된다.

이상의 결과를 살펴볼 때 느릅나무속 3수종의 온도에 따른 발아특성 및 저장성의 차이는 각 수종의 분포특성에 따른 상이한 환경조건에 적응하기 위한 종 특유의 전략으로 판단된다(Donohue, 2003; Nomiya, 2010). 참느릅나무는 한반도 및 중국과 일본에서 중부이남 지역에 분포하고, 중국에서는 비교적 낮은 고도(800 m 이하)에 분포하는 것으로 보고되는데(Fu and Whittemore, 2003; Levy-Yamamori and Taaffe, 2004; Kim, 2007), 이러한 종 특유의 영향으로 낮은 온도에서의 저조한 발아특성을 보인 것으로 판단된다. 느릅나무는 한반도 및 일본의 전역에, 중국의 중남부에 걸쳐 널리 분포하는 수종으로 모든 온도구간에서 비교적 일정한 발아율을 나타냈다. 상대적으로 저온에서도 다른 2수종에 비해 뛰어난 발아특성을 나타낸 비솔나무는 한반도에서 북부 지역을 중심으로 분포하며, 중국 및 몽고 지역에서도 느릅나무보다 더 높은 고도에까지 넓게 분포하는 것으로 보

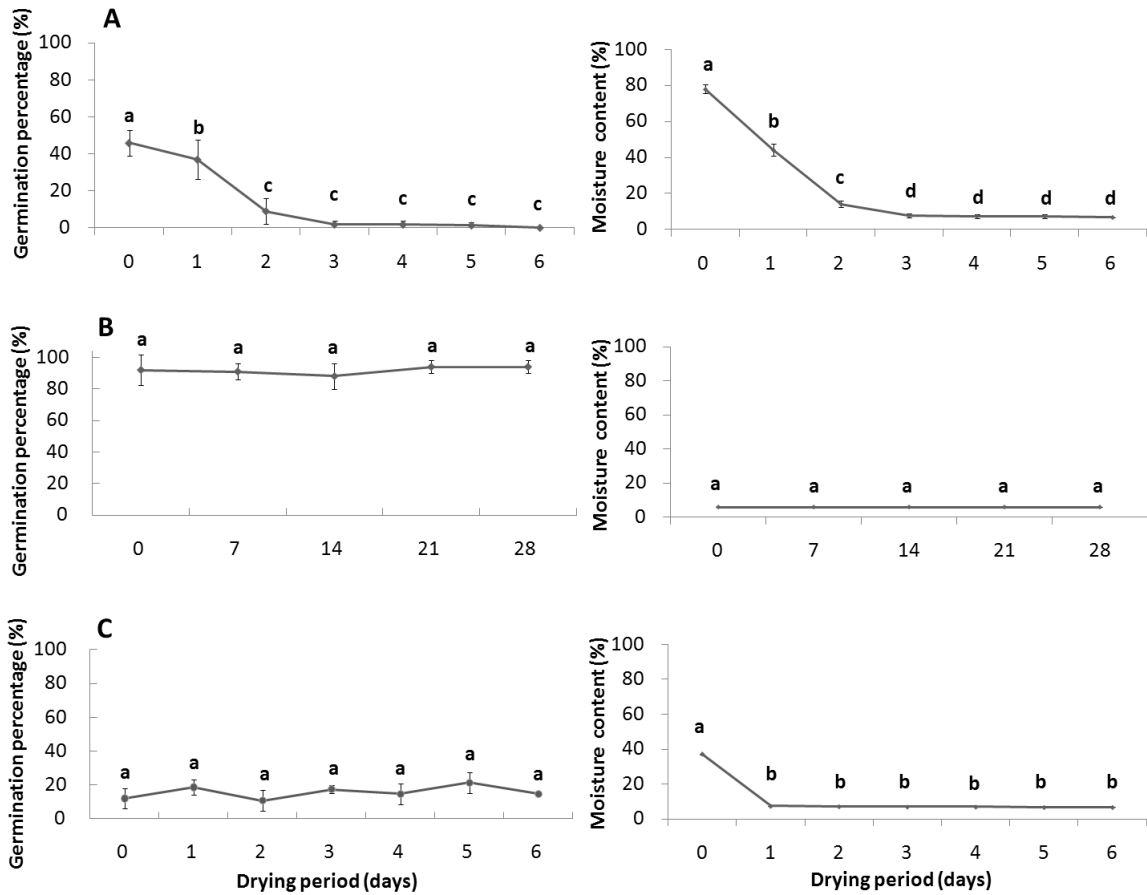


Fig. 2. Effect of drying period on seed germination percentage and moisture content of three *Ulmus* species. Values that do not share a common letter are significantly different from each other at $P < 0.05$; Duncan test after ANOVA. A. *U. davidiana* var. *japonica*; B. *U. pumila*; C. *U. parvifolia*.

고된다(Dulamsuren *et al.*, 2009; Wesche *et al.*, 2011).

적 요

우리나라에 자생하는 느릅나무속 3수종[느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica*(Rehder) Nakai), 비술나무(*U. pumila* L.), 참느릅나무(*U. parvifolia* Jacq.)]의 온도조건(4개)에 따른 발아특성(발아율, 평균발아소요일수, 발아속도) 및 건조기간에 따른 종자 활력의 변화를 분석하였다. 종자 발아에 미치는 온도조건의 영향을 살펴보면 3수종 모두 평균발아일수에서 차이를 보였으나, 발아율에서는 참느릅나무에서만 통계적으로 고도의 유의성이 인정되었다. 느릅나무와 비술나무는 모든 온도조건에서 비교적 고른 발아율을 보여주었으며, 특히 비술나무는 저온(10~15°C)에서도 높은 발아율을 나타냈다. 참느릅나무는 저온(10~20°C)

에서는 거의 발아가 되지 않으며 25°C 이상의 높은 온도에서 발아가 되는 독특한 특성을 나타냈다. 비술나무와 참느릅나무 종자는 4~8% 수분함수율 조건에서 시설저장이 가능한 저장성 종자(Orthodox seed)로 판명되었으며, 느릅나무 종자는 장기저장이 어려운 난저장성 종자(Recalcitrant seed)로 나타났다. 결론적으로 느릅나무속 3수종의 발아특성 및 저장성의 차이는 수종별 분포특성에 따른 상이한 환경조건에 적응하기 위한 종 특유의 생존 전략으로 판단된다.

인용문헌

- Abe, M., A. Honda, K. Hoshizaki and H. Miguchi. 2008. Advantage of early seedling emergence in *Fagus crenata*: importance of cotyledon stage for predator escape and pathogen avoidance. *Ecol. Res.* 23:681-688.

- Barbour, J.R. and K.A. Brinkman. 2008. *Ulmus*. In Bonner, F.T. and R.P. Karrfalt (eds.). The Woody Plant Seed Manual. Agriculture Handbook No. 727. USDA Forest Service, DC. pp. 728-732.
- Cho, S.K., S.G. Lee and C.J. Kim. 1996. Anti-inflammatory and analgesic activities of water extract of root bark of *Ulmus parvifolia*. Korean J. Pharmacogn. 27(3):274-281 (in Korean).
- Chung, Y.S. 1993. Effect of germination on the storage method of *Ulmus parvifolia* Jacq. seeds. Kon-Kuk J. Nat. Sci. Technol. 4:23-30 (in Korean).
- Cicek, E. and F. Tilki. 2007. Seed germination of three *Ulmus* species from Turkey as influenced by temperature and light. J. Environ. Biol. 28(2):423-425.
- Cochrane, J.A., A.D. Crawford and L.T. Monks. 2007. The significance of *ex situ* seed conservation to reintroduction of threatened plants. Australian J. Bot. 55(3):356-361.
- Donohue, K. 2003. Setting the stage: phenotypic plasticity as habitat selection. Int. J. Plant Sci. 164:S79-S92.
- Dulamsuren C., M. Hauck, S. Nyambayar, D. Osokhjargal and C. Leuschner. 2009. Establishment of *Ulmus pumila* seedlings on steppe slopes of the northern Mongolian mountain taiga. Acta Oecol. 35:563-572.
- Fu, L., Y. Xin and A. Whittemore. 2003. Ulmaceae. In Wu, Z. Y., P. H. Raven and D. Y. Hong. (eds.). Flora of China, Vol. 5. Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Mo. pp. 1-19.
- Im, R.J. 1999. Flora Medica Coreana, Vol. 3. Agriculture Publishing House, Pyeongyang, North Korea. p.192 (in Korean).
- Johnson, W.C., R.L. Burgess and W.R. Keammerer. 1976. For vegetation and environment on the Missouri River North Dakota. Ecol. Monogr. 46:59-84.
- Kim, D.H., S.H. Han and J.H. Song. 2011. Evaluation of the inorganic compound leakage and carbohydrates as indicator of physiological potential of *Ulmus parvifolia* seeds. New Forest. 41:3-11.
- Kim, M.Y. 1996. A taxonomic study of the Korean Ulmaceae based on morphological characters. Korean J. Plant Taxon. 26(3):163-181 (in Korean).
- _____ 2007. Ulmaceae. In Park, C. W. (eds.). The Genera of Vascular Plants of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 237-240.
- Kim, M.Y. and S.T. Lee. 1989. Taxonomical study of the Korean Ulmaceae. Korean J. Plant Taxon. 19(1):31-78 (in Korean).
- Lee, C.H. and K.W. Nam. 2009. Characteristics of seed germination in *Heteropappus arenarius* Kitam. Native to Korea as influenced by temperature. Korean J. Plant Res. 22(2):116-122 (in Korean).
- Lee, S.E., Y.S. Kim, J.E. Kim, J.K. Bang and N. S. Seong. 2004. Antioxidant activity of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12(4):321-327 (in Korean).
- Lee, T.B. 1993. Illustrated Flora of Korea. Hyang-mun Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 280-281 (in Korean).
- Levy-Yamamori, R. and G. Taaffe. 2004. Garden plants of Japan. Timber Press, Portland, OR. pp. 250-251.
- Nomiya, H. 2010. Differentiation of seed germination traits in relation to the natural habitats of three *Ulmus* species in Japan. J. For. Res. 15:123-130.
- Peterken, G.F. and E.P. Mountford. 1998. Long-term change in an unmanaged population of wych elm subjected to Dutch elm disease. J. Ecol. 86:205-218.
- Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24:1160-1162.
- Son, S.G., H.J. Kim, C.S. Kim, Y.J. Kang, C.S. Kim and K.O. Byun. 2009. The time for collecting of *Cryptomeria japonica* seeds. Korean J. Plant Res. 22(6):535-539.
- Tak, W.S., C.H. Choi and T. S. Kim. 2006. Change in the seed characteristics and germination properties of *Ulmus davidiana* var. *japonica* according to seed collection time. J. Korean For. Soc. 95(3):316-322 (in Korean).
- van Slageren, M.W. 2003. The millenium seed bank: building partnerships in arid regions for the conservation of wild species. J. Arid. Environ. 54:195-201.
- Walsh, D.G.F., S. Waldren and J.R. Martin. 2003. Monitoring seed viability of fifteen species after storage in the Irish threatened plant genebank. Biol. Environ. 103B(2):59-67.
- Wesche, K., D. Walther, H. von Wehrden and I. Hensen. 2011. Trees in the desert: Reproduction and genetic structure of fragmented *Ulmus pumila* forests in Mongolian drylands. Flora 206(2):91-99.

(접수일 2011.3.31; 수정일 2011.5.30; 채택일 2011.6.29)