

## 저장방법, 온도 및 전처리가 멸구슬나무 종자의 발아에 미치는 영향

박종민, 최한수<sup>1</sup>, 최충호<sup>2\*</sup>전북대학교 농업생명과학대학 산림과학부, <sup>1</sup>전북대학교 생명자원대학원, <sup>2</sup>경기도산림환경연구소Effect of Storage, Temperature and Pre-treatment on Germination of *Melia azedarach* L. SeedChong Min Park, Han Soo Choi<sup>1</sup> and Chung Ho Choi<sup>2\*</sup>

Faculty of Forest Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

<sup>1</sup>Graduate School of Natural Resources & Life Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea<sup>2</sup>Gyeonggi-do Forestry Environment Research Center, Osan 447-802, Korea

**Abstract** - This study was performed to investigate the effects of storage, temperature, and pre-treatments on the germination of *Melia azedarach* seeds collected from Buan, Jeonju, and Jeju provenance. *M. azedarach* seeds stored with or without pericarp in the ground, which collected from Buan provenance evidenced the highest germination percentage (PG, %) and the shortest time to first germination (days). The seeds collected from Jeonju and Jeju provenance were placed at both six continuous temperatures (15, 20, 25, 30, 35, and 40 °C) and two alternating temperatures (20↔30 °C and 25↔35 °C) for seed incubation. The results showed a significant effect for temperature of seed incubation. The seeds incubated at 35 °C had the highest PG among the continuous temperatures and germinated significantly more at the two alternating temperatures than at 35 °C. Concerning mean germination time (MGT), the seeds incubated at 35 °C evidenced the shortest germinations among the continuous temperatures while those at the alternating temperatures germinated for a shorter period than those at 35 °C. The germination rate (GR) and germination performance index (GPI) were similar to PG. The seeds collected from Jeonju provenance were treated using five pre-sowing treatments (scarification, scarification+GA<sub>3</sub>, scarification+KNO<sub>3</sub>, GA<sub>3</sub>, and KNO<sub>3</sub>) prior to the germination experiments. Compared with the intact seeds (control), most of the pre-treatments were significantly (especially scarification+GA<sub>3</sub> 100 ppm and scarification+KNO<sub>3</sub> 1.0%) higher in PG, GR, and GPI, as well as shorter in MGT.

**Key words** - *Melia azedarach*, Germination, Pre-treatment, Seed, Storage, Temperature

## 서 언

임목종자의 발아는 유전적·환경적 지배를 받으며, 특히, 적합한 온도, 습도, 산소 및 광 조건에도 불구하고 발아가 되지 않는 경우도 있는데 이것은 수종에 따라서 정도의 차이는 있지만 휴면성을 가지고 있기 때문이다(Copeland and McDonald, 1985). 종자휴면은 과피나 종피의 불투수성, 종피 내 발아억제물질의 존재 또는 종피의 물리적 작용에 의한 배의 성장 억제 등의 내적인 요인뿐만 아니라 광, 온도, 수분 등의 외적인 요인에 의해서도 휴면상태에 이르는

데, 이들 요인들을 적절하게 조절한다면 종자의 발아율을 향상시킬 수 있다(Pollock and Olney, 1959; Barnett, 1972; Kelly *et al.*, 1992; Tomer and Slingh, 1993; Close and Wilson, 2002; Khan and Gulzur, 2003; Komilis *et al.*, 2005).

종자를 저장하는 목적은 채취부터 파종까지 종자를 활력 있게 보존하기 위함이다. 종자의 저장력은 유전적 요소, 채취 전 상태, 종자구조 및 구성성분, 성숙도, 크기, 휴면성, 활력 등에 영향을 받는다(최 등, 2001). 저장 중 종자는 수분함량과 온도에 의해 활력이 좌우되는데, 일반적으로 건조한 종자를 밀봉하여 0~5 °C의 저온에 저장한다. 그러나 수종에 따라서는 적당한 수분을 가지고 공기유통이 잘되어

\*교신저자(E-mail) : seedchoi@gg.go.kr

야 발아되는 종자가 있으며, 수분흡수가 잘 안되어 특수처리 한 후에 저장해야 발아되는 종자도 있다(Korea Forest Research Institute, 1994). 가장 널리 이용되는 저장법으로서 건조저장, 습사저온저장, 노천매장 등이 있는데, 건조저장은 함수량 5~10%로 건조하여 저장하는 방법이며, 습사저온저장은 밤, 호도, 은행 등과 같이 전분 또는 단백질이 많은 대립종자 등에 적용되는 방법이다. 노천매장은 건조시 발아력이 떨어지거나 변온처리를 해야 발아되는 종자의 저장 및 발아촉진법이다.

종자의 발아에 미치는 온도는 최저온도, 적온(適溫) 및 최고온도로 나누어 생각할 수 있는데 적온은 가장 짧은 기간 내에 가장 높은 발아율을 보일 수 있는 온도를 말한다(최 등, 2001). 대부분 식물종자는 20~25°C를 발아적온으로 하나 고온이나 저온에서 발아하는 특성을 가진 식물도 있다(Nunez and Calvo, 2000; Vollalobos and Pelaez, 2001; Vollalobos *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2003). 또한 여러 식물에서 종자의 적당한 발아를 위하여 온도의 변환을 필요로 하고 있는데, 초본류인 캔터리블루그래스의 종자 발아에서도 발아 촉진 효과가 있었다고 하였다(Whittington *et al.*, 1970).

앞에서도 언급했듯이 종자는 과피나 종피의 불투수성, 광, 온도 등의 내적 및 외적 요인에 의해 휴면에 이르는데, 이는 유묘를 생산함에 있어 저해요인으로 작용한다. 따라서 빠르게 그리고 균일하게 발아를 촉진시키고 휴면을 타파하기 위해 파종하기 전에 종자에 물리적 및 생리적으로 자극을 가하는데 이를 종자 전처리라 한다. 종자의 전처리 방법은 오래전부터 많은 연구를 통해 소개되어 왔다(Demel, 1996; Demel and Mulualem, 1996; Schutz and Rave, 1999; Yang *et al.*, 1999; Huang and Gutterman, 2000). 황산 등을 이용한 기계적 파상처리, 호르몬이나 고삼투 물질을 이용한 생리적 처리 등 다양한 방법이 있으나 종자의 생리적 및 물리적 특성을 잘 파악하고 이에 따른 적절한 방법을 적용하는 것이 중요하다.

멸구슬나무(*Melia azedarach* L.)는 아시아 원산으로서 일본에서 도입되어 제주도와 경남, 전남 지방에 식재되어 생육되고 있다. 낙엽활엽교목으로 열매는 9~10월에 옅은 황색으로 성숙한다. 주로 가로수나 정원수, 가구재로 이용되나 열매는 약용으로 사용되기도 한다(Kim, 2002). 예부터 제주도에서는 민간요법으로 구충제 대용 및 소화불량 치료제로 푸른 열매를 복용해 왔는데, 멸구슬나무 종자 추

출물은 높은 항암효과를 나타낸다는 보고도 있었다(Oh, 1998).

또한 멸구슬나무 수피 및 근피는 고련피라고 불리우며, 질편모충 등의 병원성 원충을 죽이는 살충작용을 하는 것으로 알려져 있다(Kim, 2008). 뿐만 아니라 서식지가 주로 남부의 해안지역과 제주도 저지대로서 내염성이 있을 것으로 추측되며, 임해개발지에서 활용가능성이 높을 것으로 기대되는 수종이다. 이처럼 멸구슬나무는 여러 가지 방면에서 뛰어난 활용성을 나타내고 있으나 접/삼목이나 실생 등 번식에 대한 자료는 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 목재, 항암제, 살충제 및 임해개발지 식재수로서 능력이 뛰어난 멸구슬나무 종자의 저장방법, 온도조건 및 전처리에 대한 발아특성을 구명함으로써 유용 유전자원의 장기보존 및 실생번식에 도움을 주고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구를 위해 사용된 공시재료는 전북 부안, 전주 및 제주지역에서 채취된 멸구슬나무 종자로서 외형적 특성은 Fig. 1과 같다. 부안지역에서 채취된 종자는 종자 저장실험에, 전주지역에서 채취된 종자는 전처리 실험에 이용되었으며, 전주 및 제주지역에서 채취된 종자는 온도조건별 실험에 이용되었다.

### 종자 저장

멸구슬나무 종자의 저장방법에 따른 발아반응을 알아보기 위하여 실온저장법과 노천매장법을 이용하였다. 이때 실온저장은 양지 및 음지에서 각각 실시하였으며, 노천매장은 채취 후 이듬해 3월말까지 실시하였다. 또한 과피



Fig. 1. *Melia azedarach* seed (A: stone, B: seed).

(pericarp)가 종자발아에 영향을 미치는 지를 파악하고자 과피를 제거한 것과 제거하지 않은 것으로 구분하여 각각 저장방법에 적용하였다.

**온도 조건별 치상**

멸구슬나무 종자의 적정 발아온도 조건을 구명하기 위하여 전주와 제주에서 채취된 종자를 24시간 침수시킨 후, 각각 20, 25, 30, 35, 40°C, 명(明)조건으로 설정된 incubator에 치상하였다. 또한 변온조건에 대한 영향을 파악하기 위해 두 산지별 종자를 20 ↔ 30°C, 25 ↔ 35°C 조건에 치상하였다. 이때 낮은 온도는 야간조건으로서 24시간 중 8시간, 암조건에서 처리되었다.

**종자 전처리**

종피가 발아에 미치는 영향을 조사하고자 잣 탈각기를 이용하여 딱딱한 종피를 파상처리 하였으며, 발아촉진제 처리에 대한 영향을 분석하기 위해 각각 0, 100, 200, 300, 400 ppm의 GA<sub>3</sub> 용액 및 질산칼륨 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%에 24시간 침지한 후 치상하였다.

**발아특성 조사**

저장방법에 따른 종자는 버미쿨라이트와 펄라이트를 1 : 1로 혼합하여 사용하였으며, 온도조건 및 전처리 방법에 따른 종자는 피트모스 : 버미쿨라이트 : 펄라이트를 1 : 1 : 1로 혼합하여 조제한 배양토에 50립씩 4반복으로 파종하였다. 저장조건별 종자는 포트에 파종하여 온실에 치상하였으며, 온도 및 전처리별 종자는 포트에 파종하여 incubator에 치상하였다. 이때 전처리별 종자의 치상온도는 온도조건 실험에서 도출된 적정온도를 적용하였다. 종자는 파종상에서 자엽이 5 mm 이상 돌출하였을 때 발아한 것으로 간주하였다. 저장방법별 치상종자는 파종 후 50일, 65일, 80일에 각각 발아율 및 발아개시일을 조사하였으며, 온도조건 및 전처리 방법에 따른 종자는 2일 간격으로 발아된 종자의 수를 조사하여 발아율(germination percentage; GP), 평균발아일수(mean germination time; MGT), 발아속도(germination rate; GR) 및 발아균일지수(germination performance index; GPI)를 산출하였다. 발아율은 총 공시종자에 대한 발아종자의 백분율로 표시하였으며, GP=(N/S)×100의 식을 이용하였다. 여기에서 N은 총 발아수, S는 총 공시종자수이다. 평균 발아 일수는  $MGT = \sum(t_i n_i) / N$

의 식을 이용하였다. 여기서 t<sub>i</sub>는 치상 후 조사일수, n<sub>i</sub>는 조사 당일의 발아수, N은 총 발아수이다. 발아속도는  $GR = \sum(n_i / t_i)$ 의 식에서 계산하였다. 여기서 n<sub>i</sub>는 조사 당일의 발아수이고, t<sub>i</sub>는 치상 후 조사일수이다(Scott *et al.*, 1984). 발아균일지수는  $GPI = PG / MGT$ 의 식을 이용하였다(Stundstrom *et al.*, 1987).

**통계분석**

조사된 자료의 통계분석은 SAS 통계 package(Ver. 8.0)를 이용하였으며, 실험치의 정확한 분석을 위하여 20% 이하 80% 이상의 퍼센트(percent)값은 각도수변형법을 이용하여 각도수로 변형하는 등 수치변형 후 분산분석(ANOVA)을 실시하여 처리에 대한 유의성을 검정하였다. 또한 처리간 비교를 위하여 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test, DMRT)을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**저장방법에 따른 발아특성**

멸구슬나무 종자의 실온저장과 노천매장에 따른 발아율 조사 결과, 노천매장된 종자에서 가장 높은 발아율이 나타났으며(p<0.01, Fig. 2), 그 다음으로는 양건 실온저장이 우수하였으며, 음건 실온저장에서 가장 낮은 값을 보였다. 과피 유무(有無)에 따른 발아율에서 양건 실온저장의 경우 과피가 제거된 종자가 더 높게 나타났으나 음건 실온저장

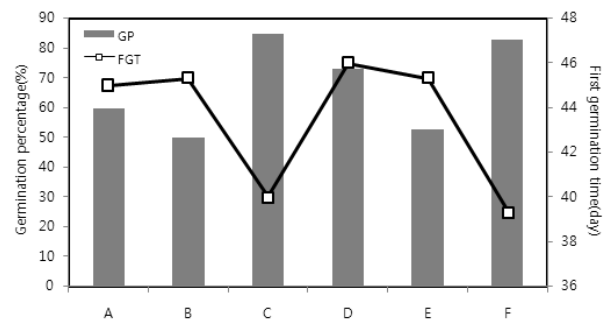


Fig. 2. Germination percentage and first germination time at different storage conditions of *M. azedarach* seed. A: sunshine-dried with pericarp at room-temperature, B: shade-dried with pericarp at room-temperature, C: stored with pericarp in ground, D: sunshine-dried without pericarp at room-temperature, E: shade-dried without pericarp at room-temperature, F: stored without pericarp in ground.

과 노천매장의 경우는 과피 유무에 영향을 받지 않았다. 종자는 채취 후 활력이 최대로 유지될 수 있는 최적의 환경에서 보존을 해야 한다(Kim, 2009). 저장측면에서 종자는 크게 3가지 유형으로 구분할 수 있다. 첫 번째는 저장성 종자(orthodox seed)로서 건조에 대한 저항성을 가지고 있어 10~15% 이하 수분함량 조건에서도 저장이 가능하다. 두 번째는 난저장성 종자(recalcitrant seed)로서 건조저항성이 약해서 20~40% 이하로 수분이 감소할 때 급격히 활력을 잃어버린다. 세 번째는 이들 두 저장성 영역 사이에 있는 중간 저장성 종자(intermediate seed)이다. 이들 종자는 난저장성 종자와는 달리 10~12% 이하의 낮은 종자 수분함량에서도 활력을 유지하나 0°C 이하 온도에서 활력이 급격히 저하되는 저장 특성을 보이기도 한다(Wall, 2005). 멸구슬나무 종자의 경우 건조저장 보다 많은 수분 환경 조건인 노천매장에서 가장 발아율이 높은 것으로 보아 난저장성 종자로 추측되나 본 실험은 종자를 전년도 가을에 채취 후 이듬해 봄에 파종한 1년차 실험으로서 멸구슬나무 종자의 보다 정확한 저장특성을 확인하기 위해서는 다양한 저장온도 및 저장기간에 따른 추가 실험이 요구되었다. 또한 Korea Forest Research Institute(1994)는 노천매장은 건조시 발아력이 떨어지는 종자에게 더 효과적이라고 하였는데 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다. 한편, Helgeson(1932)은 멸구슬나무 종자와 같이 종피가 딱딱한 경질종자에 대해 불침투성은 저온저장실에 종자를 저장하면 방지된다고 하였으며, 고온건조한 공기는 종자의 경화를 가져온다고 하였다.

저장방법별 종자를 파종한 후 나타난 발아개시일 역시 처리 간에 차이가 있었는데( $p < 0.01$ ), 발아율에서 가장 높은 결과를 나타낸 노천매장 처리구(과피 비제거 39.3일, 과피제거 40.0일)가 양건(과피 비제거 44.7일, 과피제거 46.0일) 및 음건(과피 비제거 45.0일, 과피제거 45.3일) 실온저장 처리구 보다 발아개시일이 더 짧았으며, 모두 과피 유무에 영향을 받지 않았다. 최 등(2001)은 노천매장과 같은 증적처리는 배 휴면 종자의 휴면을 타파하여 발아를 촉진한다고 하여 발아개시일의 단축효과를 설명한 바 있다. 또한 본 실험과 방법은 다소 다르지만 종자 저장방법에 따른 발아개시일의 차이는 *Irvingia gabonensis* var. *excelsa* 종자를 가지고 실험한 Nya et al.(2006)의 연구에서도 잘 나타나 있다.

### 온도조건에 따른 발아특성

온도조건이 멸구슬나무 종자의 발아에 미치는 영향을 분석하기 위해 15, 20, 25, 30, 35, 40°C의 항온조건과 20 ↔ 30°C, 25 ↔ 35°C의 변온조건에 종자를 치상하였는데 (Fig. 3), 적정 발아온도 조건을 파악하기 위한 항온조건인 경우, 전주와 제주 산지 모두 35°C에서 각각 24.7%와 42.3%의 발아율로 가장 높게 나타났다. 그 다음으로 30°C > 25°C > 40°C 순이었으며, 15°C와 20°C에서는 발아하지 않았다. 종자의 적정 발아온도는 20~25°C로 알려져 있으나 (Copeland and McDonald, 1985) 멸구슬나무 종자는 이와 현저한 차이를 나타내었다. 이는 Gutterman(2000)이 종자 발아의 일장, 온도, 광질 등과 같은 모수의 환경적 요인에 영향을 받는다고 보고한 것처럼 남부지역에서 생육하는 멸구슬나무 모수의 생육환경 영향으로 판단된다. 온도와 종자발아에 대한 연구로서 주요 산림수종 중 하나인 측백나무는 15°C에서 발아율이 가장 높았으며(Choi et al., 2006), 진달래과인 참꽃나무 종자는 15, 20°C에서 가장 높은 발아율을 나타내었다고 보고된 바 있다(Hwang, 1994). 또한 사시나무 종자(Borret, 1954)는 20°C, 미국물푸레나무 종자(Asakawa, 1956)는 25°C에서 가장 높은 발아율이 관찰되었다고 하였다. 초본류인 좁쌀풀은 30, 35°C에서 높은 발아율을 나타내어 멸구슬나무와 같이 고온 발아성 종자임을 알 수 있었다. 한편, 두 산지 간에는 30°C와 35°C에서는 제주 산지가 전주 산지 보다 더 높은 발아율을 보여주었으며, 그 외 조건에서는 서로 차이가 없었는데, 이 역시 모수 환경의 영향 때문으로 판단된다.

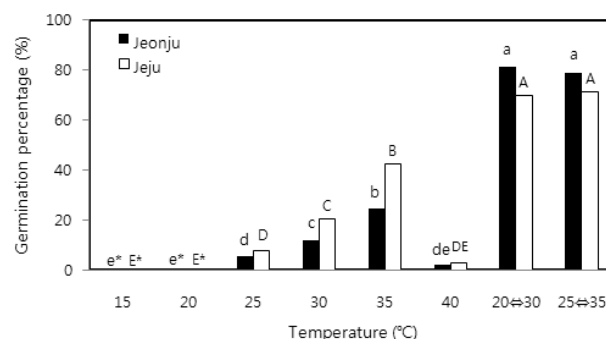


Fig. 3. Germination percentage of *M. azedarach* seed under various temperature conditions in two provenance. Different letters indicate significantly different at  $p < 0.01$  by DMRT. \* : no germination.

Table 1. Result of two-way ANOVA showing effects of temperature and provenance on germination percentage in *M. azedarach* seed

Source of variation	df	Mean-square	F-value	P
Temperature ( <i>T</i> )	6	6,531.48	809.21	<0.001
Provenance ( <i>P</i> )	1	20.02	2.48	0.1265
<i>T*P</i>	6	142.24	17.62	<0.001
Error	13	8.07		

변온조건이 종자 발아에 미치는 영향을 확인한 결과, 20 ↔ 30°C와 25 ↔ 35°C의 변온조건 간에는 차이를 보이지 않았으나 항온 적정온도인 35°C와 비교했을 때 현저히 증가된 경향을 보였다. 전주 산지는 약 55%, 제주 산지는 약 30% 증가하여 변온처리는 전주 산지에서 더 효과적임을 알 수 있었다. Young and Young(1994)도 멀구슬나무 종자를 기내에서 실험하였을 때 발아를 위해서는 20 ↔ 30°C 변온조건이 필요하다고 하였는데, 본 연구결과에서도 유사한 결과를 보였다. 단풍버즘나무 종자도 20 ↔ 30°C 변온조건에서 가장 높은 발아율을 나타내었다고 보고되었으며 (Heit, 1948), 해바라기 종류인 *Helianthus cinereum*과 *H. hirtum*도 15 ↔ 25°C 변온처리시 높은 발아율을 나타내었다고 보고되었다(Perez-Garcia and Gonzalez-Benito, 2006). Kambizi *et al.*(2006)도 약용식물인 *Withania somnifera* 종자를 항온 25, 35, 45°C 및 변온 18 ↔ 25°C에 치상했을 때 변온조건에서 발아율이 더 높았다고 하였다.

한편, 산지와 온도에 따른 발아율의 ANOVA 분석 결과 (Table 1), 온도는 1% 수준에서 유의성이 인정되었으나 산지는 유의성이 인정되지 않았다. 또한 산지와 온도간 상호작용은 1% 수준에서 유의성이 인정되었다.

발아속도는 발아율과 함께 다양한 온도조건 하에서 종자의 발아특성을 나타내는 지표인데, 15~40°C의 항온조건에서는 발아율과 마찬가지로 전주와 제주 산지 모두 각각 0.73과 1.36으로 35°C에서 가장 높게 나타났으며, 역시 변온조건에서 현저히 높은 수치를 보여주었다(Fig. 4). 전주와 제주 산지 모두 20 ↔ 30°C 변온조건이 25 ↔ 35°C 변온조건 보다 약간 높은 수치를 나타내었으나 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 산지 간에 발아속도를 비교했을 때 20 ↔ 30°C에서는 전주 산지가 3.55, 제주 산지가 2.89를 나타내었으며 25 ↔ 35°C에서는 전주 산지가 3.45, 제주 산지가 2.92를 나타내어 두 가지 변온조건 모두에서 전주 산지가 높게 나타나 발아율에서와 유사한 경향을 나타내었

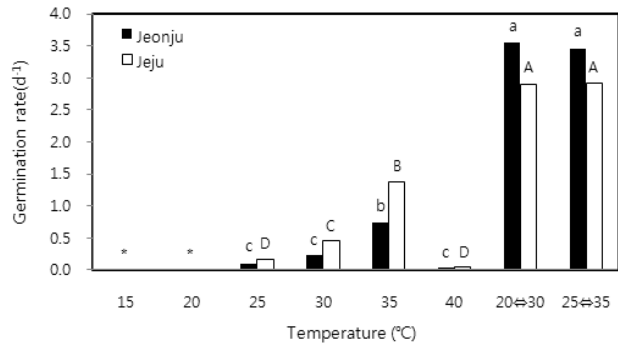


Fig. 4. Germination rate of *M. azedarach* seed under various temperature conditions in two provenances. Different letters indicate significantly different at  $p < 0.01$  by DMRT. \* : no germination.

다. 최 등(2001)은 종자 발아는 최적 온도조건에서 가장 빠르고 균일하게 이루어진다고 하였는데, 본 연구에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다. Guan *et al.*(2009)은 각각 10 ↔ 20°C, 15 ↔ 25°C, 20 ↔ 30°C의 변온조건에 *Medicago rathenica* 종자를 치상하였을 때 15 ↔ 25°C, 20 ↔ 30°C에서 발아속도가 향상되었다고 보고한 바 있다.

평균 발아일수의 경우 항온조건 중에서는 전주, 제주 산지 각각 35°C에서 36.0일과 34.8일로 가장 짧게 나타났으며, 40°C에서 각각 60.7일과 59.9일로 가장 길었다(Table 2,  $p < 0.05$ ). 평균 발아일수가 짧다는 것은 두 가지로 생각할 수 있는데, 한 가지는 다수의 종자가 초기에 발아가 이루어져 발아일수가 단축되었다는 것을 의미하고, 다른 한 가지는 종자가 발아하기에 매우 부적합한 조건으로서 초기에 모두 고사가 되어 더 이상 발아가 이루어지지 않았다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 35°C에서 가장 발아율과 발아속도가 높은 것으로 보아 발아일수 단축 효과가 있었던 것으로 판단되며, 40°C에서는 발아율과 발아속도가 매우 낮아 발아 불량조건으로서 발아가 지연되고 종자가 휴면상태에 이른 것으로 추정된다. 평균 발아일수 역시 변온조건

Table 2. Mean germination time and germination performance index of *M. azedarach* seed under various temperature conditions in two provenances

Temp. (°C)	MGT		GPI	
	Jeonju	Jeju	Jeonju	Jeju
15	- <sup>z</sup>	-	-	-
20	-	-	-	-
25	55.06 <sup>b</sup>	52.33 <sup>b</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.15 <sup>d</sup>
30	55.41 <sup>b</sup>	47.91 <sup>b</sup>	0.22 <sup>c</sup>	0.42 <sup>c</sup>
35	36.00 <sup>c</sup>	34.82 <sup>c</sup>	0.69 <sup>b</sup>	1.22 <sup>b</sup>
40	60.67 <sup>a</sup>	59.94 <sup>a</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.04 <sup>d</sup>
20 ↔ 30	26.16 <sup>d</sup>	27.13 <sup>d</sup>	3.11 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>
25 ↔ 35	26.37 <sup>d</sup>	27.18 <sup>d</sup>	3.00 <sup>a</sup>	2.63 <sup>a</sup>

Different letters indicate significantly different at  $p < 0.05$  by DMRT.

<sup>z</sup>no germination.

에서 항온조건 35°C에서 보다 현저히 짧았게 나타났다. 또한 전주 산지가 제주 산지 보다 20 ↔ 30°C와 25 ↔ 35°C 모두에서 더 짧게 나타났으며, 변온조건 간에는 통계적 차이가 없었다. Choi(2010)는 대체적으로 적온에 가까울수록 평균 발아일수가 짧게 나타나 소요일수 단축에 효과가 있다고 하였는데, 본 연구 결과 역시 유사한 경향을 나타내었다. Martínez-Sánchez *et al.*(2006) 역시 *Juncus acutus*와 *Schoenus nigricans* 종자를 10~30°C 범위에 치상하였을 때 20°C에서 발아율이 가장 높고, 평균 발아일수가 가장 짧았다고 보고한 바 있다.

발아균일지수 역시 발아율 및 발아속도와 유사한 경향을 나타내었는데, 전주와 제주 산지 모두 항온조건 중에서는 35°C가 가장 높았으며, 변온조건이 35°C 보다 현저히 높은 수치를 나타내었다(Table 2). 두 산지 간에는 제주 산지가 모든 항온조건에서 높게 나타났으나 변온조건에서는 전주 산지가 더 높았다. 이 또한 40°C에서 가장 낮은 값을 나타내어 불량조건에서는 역시 발아가 불균일함을 추측할 수 있었다. 발아균일지수가 높을수록 종자 발아가 균일하게 이루어졌음을 의미하는데, 이는 유묘의 생산에 있어서 매우 중요한 사항이라 할 수 있다. 왜냐하면 유묘를 생산하는데 있어서는 규격모를 갖추는 것이 매우 중요하다. 따라서 한꺼번에 균일하게 발아가 이루어져야 유묘수확기에 이르러 원하는 규격모를 다량 확보 할 수 있다.

### 종자 전처리 방법에 따른 발아특성

산지별 멀구슬나무 종자의 파상 및 발아촉진제 처리에

대한 발아특성 조사 결과는 Table 3과 같다. 발아율은 처리 간에 1% 수준에서 유의성을 나타냈다. 여러 수종에 있어서 종피의 경도(硬度)와 불투수성(不透水性)은 종자 휴면을 일으키는 중요한 원인으로 작용을 하는데(Thanos *et al.*, 1992), 열과 파상처리는 불투수성 종피에 균열을 가함으로써 휴면을 타파할 수 있다(Thanos *et al.*, 1992; Valuena *et al.*, 1992). 멀구슬나무 종자는 파상 처리구가 비파상 처리구 보다 발아율이 높았으며, GA<sub>3</sub> 및 KNO<sub>3</sub>의 발아촉진제가 발아율 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 대체적으로 파상 처리시에는 GA<sub>3</sub> 효과가 높았으나 비파상 처리시에는 KNO<sub>3</sub> 효과가 더 높았다. 발아율이 가장 높은 처리구는 파상+GA<sub>3</sub> 100 ppm 처리구(76.7%)와 파상+KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리구(75.3%)로 무처리구(intact)는 이들 처리구의 30% 수준이었다.

일반적으로 gibberellin은 cytokinin 등과 함께 배 휴면 종자에 효과적이라고 알려져 있는데, 초본류인 시클라멘, 산염채, 명아주 등과 목본류인 앵두나무의 휴면을 타파하여 발아를 촉진시킬 수 있는 것(최 등, 2001)으로 보고되었다. 또한 gibberellin 처리는 ABA에 의해서 유발된 휴면효과를 역전시킬 수 있으며, 여러 가지 억제요인에 의해 유발된 휴면을 막거나 깨뜨릴 수 있다고 하였다(Kang *et al.*, 2009). Ng and Asri(1979)는 멀구슬나무 종자를 생리적 휴면 종자로 분류하였는데, 본 실험에서 GA<sub>3</sub>에 의해 발아율이 향상되는 것을 보임으로서 이를 증명하였다. 또한 KNO<sub>3</sub>은 목초의 종자나 관목 및 일부 채소종자의 휴면타파에 효과적이며 GA나 kinetin과 더불어 담배종자 발아증진

Table 3. Germination properties of *M. azedarach* seeds by various pre-treatments

Treatment		GP (%)	MGT (day)	GR	GPI
Intact		24.7 <sup>f</sup>	36.0 <sup>a</sup>	0.73 <sup>j</sup>	0.69 <sup>g</sup>
Scarification		47.7 <sup>c</sup>	28.4 <sup>cd</sup>	1.83 <sup>c</sup>	1.33 <sup>de</sup>
Intact + GA <sub>3</sub> (ppm)	50	26.3 <sup>ef</sup>	33.8 <sup>ab</sup>	0.98 <sup>ij</sup>	0.73 <sup>fg</sup>
	100	31.7 <sup>de</sup>	28.3 <sup>cd</sup>	1.75 <sup>ef</sup>	1.29 <sup>c</sup>
	200	27.3 <sup>ef</sup>	32.2 <sup>abc</sup>	1.21 <sup>hi</sup>	0.76 <sup>fg</sup>
	400	25.3 <sup>ef</sup>	34.9 <sup>a</sup>	0.92 <sup>ij</sup>	0.71 <sup>g</sup>
Scarification + GA <sub>3</sub> (ppm)	50	64.0 <sup>b</sup>	26.2 <sup>d</sup>	2.31 <sup>bc</sup>	2.18 <sup>b</sup>
	100	76.7 <sup>a</sup>	19.6 <sup>ef</sup>	3.29 <sup>a</sup>	3.08 <sup>a</sup>
	200	63.7 <sup>b</sup>	26.2 <sup>d</sup>	2.41 <sup>b</sup>	2.10 <sup>bc</sup>
	400	47.3 <sup>c</sup>	27.4 <sup>cd</sup>	1.43 <sup>gh</sup>	1.43 <sup>de</sup>
Intact + KNO <sub>3</sub> (%)	0.5	30.7 <sup>def</sup>	27.3 <sup>cd</sup>	1.10 <sup>i</sup>	0.85 <sup>fg</sup>
	1.0	48.7 <sup>c</sup>	20.3 <sup>ef</sup>	2.12 <sup>cd</sup>	1.56 <sup>d</sup>
	1.5	35.3 <sup>d</sup>	25.3 <sup>d</sup>	1.45 <sup>gh</sup>	0.98 <sup>f</sup>
	2.0	31.7 <sup>de</sup>	28.0 <sup>cd</sup>	1.15 <sup>i</sup>	0.89 <sup>fg</sup>
Scarification + KNO <sub>3</sub> (%)	0.5	47.7 <sup>c</sup>	24.3 <sup>de</sup>	1.98 <sup>de</sup>	1.93 <sup>c</sup>
	1.0	75.3 <sup>a</sup>	17.2 <sup>f</sup>	3.25 <sup>a</sup>	3.05 <sup>a</sup>
	1.5	47.3 <sup>c</sup>	24.3 <sup>de</sup>	2.14 <sup>bcd</sup>	1.33 <sup>de</sup>
	2.0	32.0 <sup>de</sup>	29.0 <sup>bcd</sup>	1.55 <sup>fg</sup>	0.89 <sup>fg</sup>

Different letters indicate significantly different at p<0.01 by DMRT. GP: Germination percentage, MGT: mean germination time, GR: germination rate, GPI: germination performance index.

에 효과가 있다고 보고된 바 있다(최 등, 2001). 이와 유사한 연구결과로서 Travlos *et al.*(2006)은 *Tylosema esculentum*의 경실종자를 기계적 파상처리를 했을 때와 GA 처리를 했을 때 모두 무처리구에 비해 발아율이 향상되었다고 하였으며, Perez-Garcia and Gonzalez-Benito (2006)는 *Helianthemum*속 5수종 종자를 파상처리 했을 때 모두 현저하게 발아율이 상승하였다고 발표하였다.

멀구슬나무 종자의 평균발아일수는 파상+KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리구에서 17.2일로 가장 짧게 나타났으며, 파상+GA<sub>3</sub> 100 ppm 및 KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리구가 각각 19.6일과 20.3일로 뒤를 이었다. 반면, 무처리구와 GA<sub>3</sub> 400 ppm 처리구가 36.0일과 34.9일로 가장 길게 나타나 모두 무처리구 보다 짧은 발아일수를 나타내어 파상 및 발아촉진제 처리가 멀구슬나무 종자의 평균 발아일수 단축에 효과적임을 보여주었다. Travlos *et al.*(2006)은 *T. esculentum* 종자의 전처리 실험에서 40분간 gibberellin 처리는 발아일수를 단축시키지 못했으나 기계적 파상처리는 무처리구 보다 50%

이하로 발아일수가 소요되었다고 발표하였다. 또한 전처리 방법은 다르나 *E. delegatensis* 종자를 전처리 하였을 때 발아일수 단축 효과가 있었다고 하였다(Close and Wilson, 2002).

발아속도의 경우, 발아율과 유사한 경향을 나타내었다. 파상+GA<sub>3</sub> 100 ppm과 파상+KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리구가 각각 3.29와 3.25로 가장 높은 수치를 나타내었다. 반면 무처리구는 0.73으로 가장 낮은 수치를 보여 발아속도 면에서도 발아율과 평균 발아일수에서 효과적이었던 파상+GA<sub>3</sub> 100 ppm 및 파상+KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리구가 적정 조건임을 확인할 수 있었다. 대체적으로 파상 처리구가 비파상 처리구 보다, 그리고 발아촉진제 처리구가 발아촉진제 비처리구 보다 높은 발아속도를 보여주었으며, 앞에서 보여지는 바와 같이 파상과 발아촉진제의 복합처리구가 더 효과적이었다. Ren and Tao(2004)도 *Calligonum*속 10수종의 파상처리 결과 *C. junceum*과 *C. potaninii* 두 수종을 제외한 나머지 모든 수종에서 파상처리구가 무처리구 보다 높은 발아속도지

수를 나타내었다고 하였다.

발아균일지수 역시 처리 간에 차이를 나타내었다. 또한 발아율 및 발아속도와 유사한 경향을 나타내었는데, 발아율 및 발아속도가 발아균일지수와 높은 정(+)의 상관관계를 나타내었다는 Choi *et al.*(2006)의 결과와 일치하였으며, Stundstrom *et al.*(1987)이 보고한 바와 같이 발아균일지수가 높을수록 출현율 즉, 발아율이 높다는 것을 증명하였다.

이상을 종합하여 봤을 때 멸구슬나무 종자는 저장시 건조저항성이 약한 난저장성 종자로서 적정 발아온도는 35°C 이나 변온조건에서 더 발아율이 증진되며, 종피 파상 및 GA<sub>3</sub> 100 ppm이나 KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리시 발아율 향상 및 발아일수 단축 효과가 있는 것으로 보아 중복휴면 종자로 분류할 수 있다.

## 적 요

본 연구는 식·약용 등 여러 분야에서 활용성이 높은 멸구슬나무 종자의 저장방법, 온도조건 및 전처리에 따른 발아특성을 구명하고자 하였다. 종자 저장방법 중에서는 노천매장 조건에서 가장 높은 발아율을 나타내어 난저장성 종자로 추정되었다. 적정 발아온도 조건은 35°C로 나타났으며, 항온조건 보다는 변온조건이 발아에 더 효과적이었다. 또한, 종피파상 및 발아촉진제를 처리한 결과, 파상처리 및 GA<sub>3</sub> 100 ppm 및 KNO<sub>3</sub> 1.0% 처리시 발아특성이 증진되었다. 이상의 결과로 보아 난저장성인 멸구슬나무 종자는 변온처리 및 파상처리와 발아촉진제 처리에 영향을 받는 것으로 나타났으나 저장방법, 온도조건 및 전처리의 복합처리에 대한 발아특성이 구명되지 않았으므로 이들의 복합처리에 따른 결과를 도출하여 묘목생산시 활용하여야 할 것이다.

## 인용문헌

Asakawa, S. 1956. Thermoperiodic control of germination of *Fraxinus mandshurica* var. *Japonica* seeds. J. Japanese Forestry Soc. 38:269-272.

Barnett, J.P. 1972. Seed coat influence dormancy of loblolly pine seeds. Canadian J. Forest Res. 2:7-10.

Borret, O. 1954. The germinated capacity of Aspen. Medd. Noroke Skogforsoksv. 13:1-44.

Choi, C.H. 2010. Variation in seed germination response to temperature among provenances and improvement of germination uniformity by priming treatment in *Fraxinus rhynchophylla*. Department of Forestry, Ph.D. Thesis, Chonbuk National Univ. pp. 45-48 (in Korean).

Choi, C.H., W.S. Tak and T.S. Kim. 2006. Effect of temperature and sodium chloride on seed germination of *Thuja orientalis*. Korean J. Plant Res. 19:97-104 (in Korean).

Close, D.C. and S.T. Wilson. 2002. Provenance effect of pre-germination treatments for *Eucalyptus regnans* and *E. delegatensis* seed. Forest Ecology and Management 170: 299-305.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing Co., Minneapolis, USA. pp. 103-120.

Demel, T. 1996. The effect of different pre-sowing seed treatments, temperature and light on the germination of five *Senna* species from Ethiopia. New For. 11:155-171.

Demel, T. and Muluaem, T. 1996. The effect of pre-sowing seed treatments, temperature and light on the germination of *Tamarindus indica* L., a multipurpose tree. J. Trop. For. 12:73-79.

Guan, B., D. Zhou, H. Zhang, Y. Tian, W. Japhet and P. Wang. 2009. Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. J. Arid Environment 73:135-138.

Gutterman, Y. 2000. Maternal effects on seed during development. In Fenner M. (ed.), Seeds. The Ecology of Regeneration in Plant Communities, CABI Publishing, Wallingford/New York. pp. 59-84.

Heit, C.E. 1948. Physiology of germination. Res. N.Y. st. Agri. Exp. Sta. pp. 49-50.

Helgeson, E.A. 1932. Impermeability in mature and immature sweet clover seeds as affected by conditions of storage. Wis. Acad. Sci. Trans., Arts and Letters 27:193-206.

Huang Z., X. Zhang, G. Zheng and Y. Gutterman. 2003. Influence of light, temperature, salinity and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. J. Arid Environments 55:453-464.

Huang, Z.Y. and Y. Gutterman. 2000. Comparison of germination strategies of *Artemisia ordosica* with its two congeners from deserts of China and Israel. Acta Bot. Sinica 42:71-80.

Hwang, H.J. 1994. Effects of temperature and light quality on seed germination of *Rhododendron weyrichii* Max.



- Proceedings of the 1994 annual meeting of the Korean Society for Horticultural Science. pp. 170-171 (in Korean).
- Kambizi, L., P.O. Adebola and A.J. Afolayan. 2006. Effects of temperature, pre-chilling and light on seed germination of *Withania somnifera* a high value medicinal plant. South African J. Bot. 72:11-14.
- Kang, Y.H. 2009. Plant Physiology. Ji-Gu Publishing Co., Ltd. Paju, Korea. pp. 455-456 (in Korean).
- Kelly, K.M., J. van Staden and W.E. Bell. 1992. Seed coat structure and dormancy. Plant Growth Regulation 11: 201-209.
- Khan, M.A. and S. Gulzar. 2003. Light, salinity and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. American J. Bot. 90:131-134.
- Kim, E.J. 2008. Antiprotozoal Effects of the Chloroform Fraction from *Melia azedarach* L. Department of Medical Zoology, M.D. Thesis, Kyung-Hee Univ. pp. 1-2 (in Korean).
- Kim, D.H. 2009. Forest Information. Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea. pp. 96-97 (in Korean).
- Kim, T.W. 2002. The Woody Plants of Korea. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul, Ltd. Korea. p. 487 (in Korean)
- Komilis, D.P., E. Karatzas and C.P. Halvadakis. 2005. The effect of olive mill wastewater on seed germination after various pre-treatment techniques. J. Environmental Management 74:339-348.
- Korea Forest Research Institute. 1994. Forest Tree Seeds and Nursery Practice. Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea. pp. 8-9 (in Korean).
- Martínez-Sánchez, J.J., E. Conesa, M.J. Vicente, A. Jiménez and J.A. Franco. 2006. Germination responses of *Juncus acutus* (*Juncaceae*) and *Schoenus nigricans* (*Cyperaceae*) to light and temperature. J. Arid Environments 66:187-191.
- Ng, F.S.P. and N.S. Asri. 1979. Germination of fresh seeds of Malaysian trees IV. Malaysian For. 42:221-224.
- Nunez, M.R. and L. Calvo. 2000. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. Forest Ecology and Management 131:183-190.
- Nya, P.J., D.N. Omokaro and A.E. Nkang. 2006. The effect of storage temperature and humidity on germination of *Irvingia gabonensis* var. *excelsa*. Trop. Sci. 46:64-69.
- Oh, J.H. 1998. Investigation of Medicinal Compounds from Forest Resources for the Development of New Forest Income Crops. Korea Forest Research Institute, Seoul, Korea. pp. 149-170 (in Korea).
- Pérez-García, F. and M.E. González-Benito. 2006. Seed germination of five *Helianthemum* species: Effect of temperature and presowing treatment. J. Arid Environ. 65:688-693.
- Pollock, B.M. and H.O. Olney. 1959. Studies of the rest period : Growth, translocation, and respiration changes in the embryonic organs of the after-ripening cherry seed. Plant Physiol. 34:131-142.
- Ren, J. and L. Tao. 2004. Effects of different pre-sowing seed treatments on germination of 10 *Calligonum* species. Forest Ecol. Management 195:291-300.
- Schutz, W. and G. Rave. 1999. The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperature sedges (*Carex*) from various habitats and implications for regenerative strategies. Plant Ecol. 144:215-230.
- Scott, S.J., R.A. Jones and W.A. Williams. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Sci. 24:1160-1162.
- Stundstrom, F.J., R.B. Reader and R.L. Ewards. 1987. Effect of seed treatment and planting method on tabasco pepper. J. American Soc. Hort. Sci. 112(4):641-644.
- Thanos, C.A., K. Georghiou, C. Kadis and C. Pantazi. 1992. Cistaceae: a plant family with hard seeds. Israel J. Bot. 41:251-263.
- Tomer, R.P.S. and K. Slingh. 1993. Hard seed studies in rice bean (*Vigna umbellata*). Seed Sci. & Technol. 21:679-683.
- Travlos, I.S., G. Economou and A.I. Karamanos. 2006. Germination and emergence of the hard seed coated *Tylosema esculentum* (Burch) A. Schreib in response to different pre-sowing seed treatments. J. Arid Environ. 65:1-7.
- Valbuena, M.L., R. Tárrega and E. Luis. 1992. Influence of heat on seed germination of *Cistus laurifolius* and *C. ladanifer*. International J. Wildland Fire 2:15-20.
- Villalobos, A.E. and D.V. Pelaez. 2001. Influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. J. Arid Environments 49: 321-328.
- Villalobos, A.E., D.V. Pelaez, R.M. Boo, M.D. Mayor and O.R. Elia. 2002. Effect of high temperatures on seed germination of *Prosopis caldenia* Burk. J. Arid Environments 52:371-378.
- Wall, M. 2005. Seed storage guidelines for California native plant species. Rancho Santa Ana Botanic Garden. pp. 1-4.
- Whittington, W.J., J. Hillman, S.M. Gatenby, B.E. Hooper and J.C. White. 1970. Light and temperature effects on

저장방법, 온도 및 전처리가 멸구슬나무 종자의 발아에 미치는 영향

the germination of wild oats. *Heredity*. Lond. 25:641-650.  
Yang, J., J. Lovett-Doust and L. Lovett-Doust. 1999. Seed germination patterns in green dragon (*Arisaema dracontium*, Araceae). *American J. Bot.* 86:1160-1167.  
Young J.A. and C.G. Young. 1994. Seeds of woody plants

in North America. *Discorides Press*. Portland, USA. p. 241.  
최봉호, 홍병희, 강광희, 김진기, 김석현, 민태기. 2001. 신고 종자학. 향문사. pp. 107-222.

(접수일 2011.6.27; 수정일 2011.9.16; 채택일 2011.10.4)