



## 저온습윤 저장기간, 발아온도 및 차광율이 눈개승마 종자의 발아에 미치는 영향

송기선\* · 전권석\*† · 최규성\*\* · 김창환\* · 박용배\* · 김종진\*\*\*

\*국립산림과학원 남부산림자원연구소, \*\*국립수목원 유용식물증식센터, \*\*\*건국대학교 녹지환경계획학과

### Effects of Storage Duration with Low Temperature and Wet Condition, Germination Temperature and Shading Rate on Germination of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Seeds

Ki Seon Song\*, Kwon Seok Jeon\*†, Kyu Seong Choi\*\*, Chang Hwan Kim\*, Yong Bae Park\* and Jong Jin Kim\*\*\*

\*Southern Forest Resources Research Center, Korea Forest Research Institute, Jinju 52817, Korea.

\*\*Useful Plants Resources Center, Korea National Arboretum, Yangpyeong 12519, Korea.

\*\*\*Department of Environmental Design, Konkuk University, Seoul 05029, Korea.

#### ABSTRACT

**Background** : *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*, functional wild vegetable, is perennial herb and young leaves with soft texture are generally used as edible food. So the demand for the vegetable has increased recently. This study was carried out to determine the effects of temperature and shading on germination characteristics of *A. dioicus*.

**Methods and Results** : The experiment was performed by temperature and shading treatments. Seed pre-treatment before the germination experiment was carried out by the storage in low temperature (4°C) under wet condition (LTW) for 0, 15, 30, 45 and 60 days and shading treatment were 35%, 50%, and 75% under control, BA (6-benzyladenine) and GA<sub>3</sub> (gibberellic acid) condition for 24 hours. Increasing the length of the storage periods led to increases seed germination percent in low temperature (4°C) under wet condition (LTW), germination rate of *A. dioicus* seed was the highest at 15°C with 60 days of seed pre-treatment. In the case of seeds pre-treatment with LTW, the more temperature went up, the more days to 50% of Germination of Final Germination Rate (T<sub>50</sub>) went down. As a result of surveying shading treatment, germination rate was the highest in control of 35% shading and the next higher was in control of 50% shading.

**Conclusions** : It is concluded that the temperature and shading are important factors to produce *A. dioicus*. Also, We suggest these results as basic data of *A. dioicus* for sexual propagation.

**Key Words** : *Aruncus dioicus*, Germination Rate, T<sub>50</sub>, Pre-Treatment.

#### 서 언

눈개승마 (*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara)는 고산 지대에서 자라는 다년초로서 울릉도에서 삼나물로도 불리며, 전초는 해독, 편도선염에 효과가 있어 약용으로 쓰인다. 어린 순은 탄수화물과 무기물함량이 풍부해 수확하여 식용으로 이용한다. 이러한 눈개승마는 DNA 손상 보호와 항염증 활성, 항산화 등의 기능성 성분을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2011; Shin *et al.*, 2008; Vo *et al.*, 2014;

Youn *et al.*, 2012; Zhang and Kim, 2014).

최근에는 기능성뿐만 아니라 독특한 맛과 향을 즐길 수 있는 산채가 건강 기호식품으로 각광받고 있는 추세이다 (Cho, 2000). 이에 따라 수요가 증가하고 있는 일부 산채의 경우에는 생산성을 높이기 위해 저고도 산지에서의 생육에 관한 연구가 일부 수행되고 있다 (Jeon *et al.*, 2015; Song *et al.*, 2015). 그리고 여러 식물 종자를 대상으로 발아력을 향상시키기 위해 층적저장 (저온습윤) (Jeon *et al.*, 2013b; Kwon *et al.*, 1993; Yang and Kim, 1993), 온도 처리 (Hwang *et al.*,

†Corresponding author: (Phone) +82-55-760-5031 (E-mail) jks2029@korea.kr

Received 2015 July 28 / 1st Revised 2015 August 4 / 2nd Revised 2015 August 10 / 3th Revised 2015 August 17 / 4th Revised 2015 August 23 / Accepted 2015 August 24

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2012; Jeon *et al.*, 2010; Yoo *et al.*, 2012a, 2012b), priming 처리 (Kang *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2013), 식물 성장조정제 처리 (Kim, 1999; Kim *et al.*, 2015)를 하는 등의 다양한 연구도 꾸준히 진행되고 있다.

고산지대에서 자생하는 산채인 눈개승마 또한 대량생산을 위해서는 고도를 낮춰서 재배를 해야 할 필요가 있다. 그러나 현재 눈개승마는 기능성 성분 분석에 대한 연구보고가 대부분으로 종자의 발아와 생육 관련 연구는 전무하며, 효율적인 재배를 위한 눈개승마의 발아율 향상과 육묘기술 개발에 필요한 휴면타파, 적정 발아환경 등에 관한 연구결과도 거의 없는 실정이다. 이러한 이유로 재배를 위한 적정 발아환경과 적정 생육환경의 구명이 우선적으로 필요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 눈개승마를 대상으로 생산 효율성을 높이기 위해 종자를 저온습윤 조건에서 보관 (전처리) 후 치상온도와 차광율에 따른 종자의 발아특성을 조사하여 눈개승마의 최적 발아환경을 구명하고 눈개승마의 대량생산을 위한 유성 증식 기술개발에 이바지하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 실험에 사용된 식물은 눈개승마 (*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara)로서 종자는 강원도 영월에서 2014년 10월에 구입하였으며, 이 종자의 품질은 Table 1과 같다.

전처리시 사용한 용기는 육묘용기로 많이 이용되는 128구 tray (L27.5 × W54.0 × H5.0 cm)이며, 상토는 코코피트, 피트모스, 질석, 지오라이트, 펄라이트가 6:1:1:1:1 (용적기준)로 혼합된 원예용 상토 (Horticulture nursery media, Punong, Kyongju, Korea)를 시중에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 발아실험

종자는 실험전 저온습윤 조건에서 전처리를 하였으며, 종자를 흡습지에 싸서 비닐봉투에 넣은 후 증류수로 비닐봉투 내

부를 습윤 처리하여 4°C의 저온저장고에 각각 0일, 15일, 30일, 45일, 60일 동안 저장하였다. 발아실험은 종자의 전처리 후 온도와 차광을 각각 조절하여 실시하였다. 먼저, 온도별 발아 실험은 국립산림과학원 남부산림자원연구소에서 온도를 각각 5°C, 10°C, 15°C, 20°C로 조절하여 실시하였다. 대조구 (저온습윤 저장 0일) 종자는 2014년 12월 11일에 상기 온도로 조절된 항온기에서 각각의 전처리 기간이 끝난 12월 26일, 2015년 1월 9일, 1월 26일, 2월 9일에 발아실험을 실시하였다. 실험은 각 온도별로 filter paper를 2장씩 깎 petri dish에 증류수를 흐르지 않을 정도로 넣은 후 종자를 50립씩 3반복으로 실시하였다. 항온기는 암조건이었으며, 종자를 배치한 petri dish를 넣은 후 습도를 유지하기 위하여 증류수를 수시로 분무하였다.

차광별 발아실험은 남부산림자원연구소 가좌묘포장 내 비닐 온실에서 2월 24일부터 60일간 수행하였다. 차광율 35 - 75% 수준의 차광망을 이용하여 차광수준을 전광 및 35%, 50%,

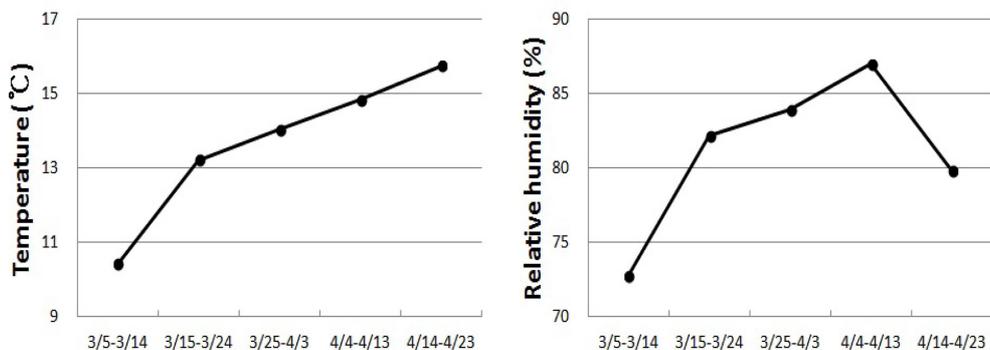
**Table 1.** Characteristics of 1,000 seeds weight, seed weight per liter, and seed number per gram (g) and milliliter (ml) of *Aruncus dioicus* seed used in this experiment.

1,000 Seeds weight (g)	Seed weight · ℓ <sup>-1</sup> (g)	Seed number · t · g <sup>-1</sup> (ea)	Seed number · ml <sup>-1</sup> (ea)
0.11	332.9	9,800	2,500

**Table 2.** Characteristics of light intensity according to different shading treatments at experimental site.

Shading <sup>1)</sup> level (%)	Light intensity (μmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )	Relative light intensity (%)
0	1184.0	100
35	665.6	56.2
50	486.7	41.1
75	235.7	19.9

<sup>1)</sup>Shading ratio of polyethylene shade net.



**Fig. 1.** Changes of average temperature (°C) and relative humidity (%) of the experimental site.

75%로 조절하였는데, 이때 상대 차광율은 Table 2에서와 같다. 파종 전, 종자는 증류수 (대조구), BA (200 mg · ℓ<sup>-1</sup>), GA<sub>3</sub> (200 mg · ℓ<sup>-1</sup>)에 각각 24시간동안 상온에서 침지하여 2015년 2월 24일에 128구 tray (128 cavities, L27.5 × W54.0 × H5.0 cm)에 1셀당 1립씩 파종하여 3반복으로 시험하였다.

차광별 광도는 Portable Photometer (LI-250 Light meter, LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, USA)를 이용하여 2015년 4월 15일 맑은 날 정오에 측정하였으며, 평균값과 상대광도는 Table 2와 같다. 온도와 습도는 온실 내 온습도 측정기 (HOBO U23-001, ONSET Computer Corporation, Bourne, MA, USA)를 지상으로부터 20 cm 높이에 설치하여 실험기간 동안 측정하였다 (Fig. 1).

### 3. 발아조사

온도별 및 차광별 발아실험 실시 후, 매일 발아된 종자의 개수를 조사하여 최종 조사일까지의 발아율 (Final Germination Percentage, FGP), 발아세를 알아보기 위한 T<sub>50</sub> (Days to 50% of Germination of Final Germination Rate), 발아율지수 (Germination Rate Index, GRI), 평균발아일수 (Mean Germination Time, MGT), 발아속도계수 (Coefficient of Velocity of Germination, CVG), 발아속도 (Germination Velocity, Rs), 평균발아속도 (Mean Daily Germination, MDG)를 구하였으며 산출 공식은 다음과 같다.

- Final Germination Percentage (FGP): (Al-Mudaris, 1998; Gharineh *et al.*, 2004),  $FGP = Ng / Nt \times 100$  [Ng : 총 발아수, Nt : 치상 종자수]
- Days to 50% of germination of final germination rates (T<sub>50</sub>): (Coolbear *et al.*, 1984),  $T_{50} = Ti + (Tj - Ti) \times (N/2 - Ni) / (Nj - Ni)$ , [N : 총 발아수, Ni : N에 대한 50% 발아 직전까지 총 발아수, Nj : N에 대한 50% 발아 직후까지 총 발아수, Ti : Ni 시점까지 소요된 발아기간, Tj : Nj 시점까지 소요된 발아기간]
- Germination Rate Index (GRI): (Ruan *et al.*, 2002),  $GRI = (G_1 / 1) + (G_2 / 2) + \dots + (G_x / X)$ , [G<sub>1</sub> : 치상 후 1일차의 발아율, G<sub>2</sub> : 치상 후 2일차의 발아율]
- Mean Germination Time (MGT): (Andalibi *et al.*, 2005; Kulkarni *et al.*, 2007),  $MGT = \sum (Ni \cdot Ti) / \sum Ni$ , [Ni : 조사 당일 발아수, Ti : 치상 후 조사일수]
- Coefficient of Velocity of Germination (CVG): (Ranal and Santana, 2006),  $CVG = 100 \times \sum Ni / \sum Ni \cdot Ti$ , [Ni : 조사 당일 발아수, Ti : 치상 후 조사일수]
- Germination Velocity (Rs): (Rajabi and Poustini, 2005),  $Rs = \sum Si / Di$  [Si : 조사 당일 발아수, Di : 치

상 후 조사일수]

- Mean Daily Germination (MDG): (Scott *et al.*, 1984),  $MDG = FGP / d$ , [FGP : 최종 발아율, d : 최종 발아일수]

### 4. 통계처리

각각의 측정값에 대한 통계 분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Science, 20.0K, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시하였으며, 통계적 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 저온습윤 저장기간 및 온도별 발아반응

눈개승마 (*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara)를 저온 습윤 조건에서 저장기간을 달리하여 온도별로 처리한 결과, 각 처리구 내 종자 치상 후 경과일수에 따른 발아율의 변화는 Fig. 2와 같다. 각 온도 내에서는 저온습윤 저장기간이 길어질수록 치상 후 종자의 최초발아일이 짧아지고 발아시작일부터 최종발아율에 도달하는 기간이 짧아지는 것으로 조사되었다. 특히, 저온습윤 저장기간이 증가할수록 발아율이 높아지고 최종발아율에 도달하는 기간이 짧아지는 것으로 나타났다. 또한, 발아율이 저조한 대조구를 제외하고 저온습윤 저장 처리구를 중심으로 살펴보면 최종발아율은 저온습윤 저장 60일의 15°C에서 93.3%로 가장 높게 나타났으며, 저온습윤 저장기간이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다 (Fig. 3).

일반적으로 야생상태의 초본식물이나 수목류의 종자의 경우 대부분 겨울에 휴면을 하는데, 이러한 종자의 휴면을 인위적으로 타파하기 위해서는 1-5°C 정도의 저온에서 공기의 유통이 가능하도록 처리하여 1개월-6개월간 저장하면 되는 것으로 알려져 있다. 하지만, 이러한 저온충적 또는 저온습윤 처리는 식물의 종에 따라 처리온도와 기간이 달라지는 것으로 보고되고 있다 (La and Jeong, 2008; Lee *et al.*, 2003a, 2003b; Salisbury and Ross, 1992). 본 실험의 눈개승마 또한 고산지대에서 자생하는 초본으로서 저온습윤 처리를 통해 휴면타파가 가능한 것으로 사료된다.

눈개승마 종자의 T<sub>50</sub> (days to 50% of germination of final germination rates)의 경우 전체적으로는 각 발아온도 내에서 저온습윤 저장기간이 길어질수록 짧아지는 경향을 보였다. 온도가 높아질수록 대부분의 T<sub>50</sub>이 짧아지는 경향을 보이며, 20°C에서 가장 짧은 것으로 조사되었는데, 15°C와 20°C에서는 큰 차이를 보이지 않았다 (Fig. 4).

본 실험의 눈개승마 종자가 대조구보다 저온습윤 저장 처리구에서 발아율이 높고 T<sub>50</sub>이 짧아진 것은 저온습윤 저장을 통해 건조된 종자에 수분이 흡수되어 발아에 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다 (Bewley and Black, 1985). 이러한 결과는

환경조절에 따른 눈개승마의 발아 특성

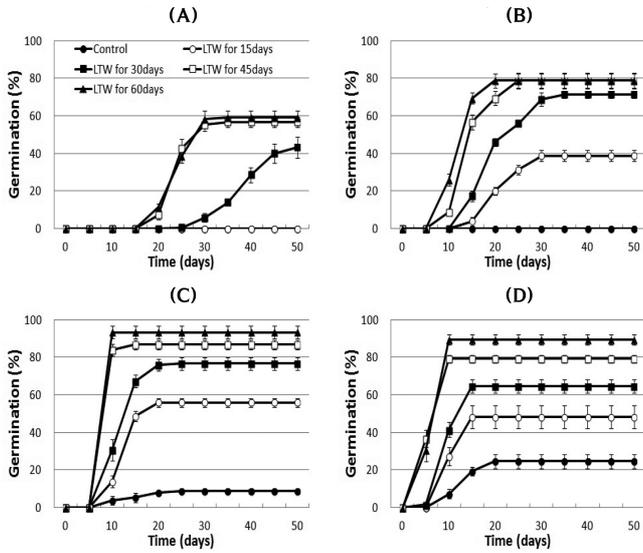


Fig. 2. Changes of germination percent in *A. dioicus* seeds after LTW (storage in low temperature and wet condition) at the temperature of 5 - 20°C. (A); 5°C, (B); 10°C, (C); 15°C, (D); 20°C. Bars indicate SE.

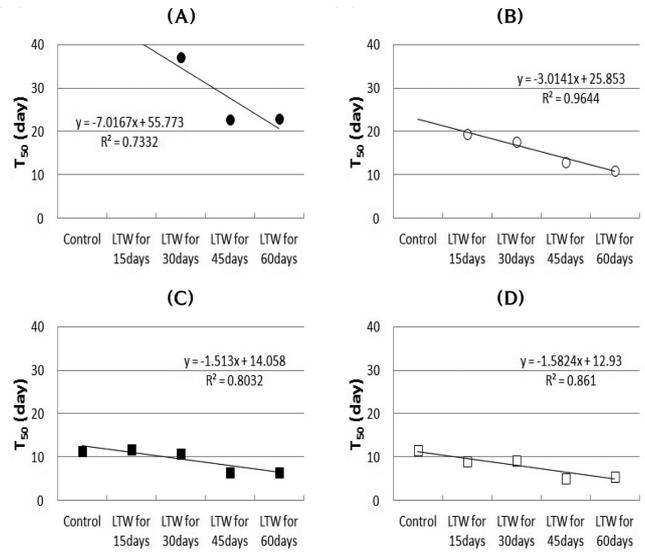


Fig. 4. Effects of LTW (pre-treatment of low temperature and wetting) on  $T_{50}$  (days to 50% of germination of final germination rates) in *A. dioicus* seeds at the temperature of 5 - 20°C. (A); 5°C, (B); 10°C, (C); 15°C, (D); 20°C.

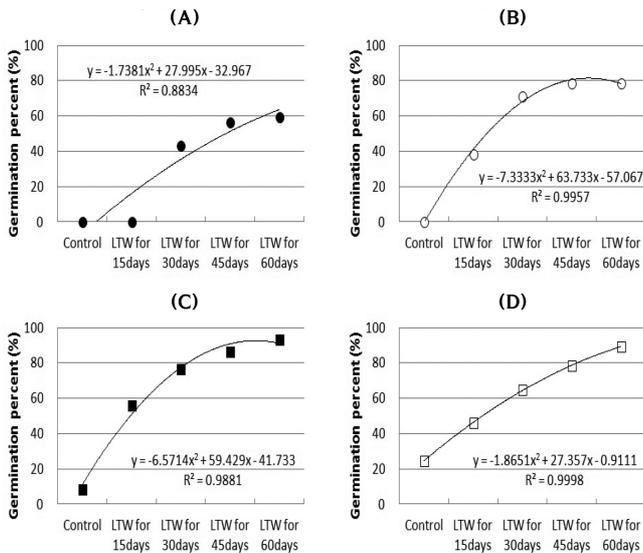


Fig. 3. Changes of germination percent in *A. dioicus* seeds by the increase of storage duration in low temperature and wet condition. (A); 5°C, (B); 10°C, (C); 15°C, (D); 20°C.

15°C에서 가장 짧은 기간에 발아가 완료되고 발아율이 가장 높게 나타난 것과 상통하는 것으로 눈개승마 종자의 발아율 향상을 위한 눈개승마의 적정 온도는 15°C임을 알 수 있다. 이러한 온도를 유지한다면 높은 발아율과 균일한 발아를 유도할 수 있어 눈개승마의 생산성 향상과 관리에 보다 효과적인 것으로 사료된다.

한편, Yoon 등 (1999)은 방풍, 갯방풍, 구릿대, 참당귀 종자의 경우에 온도가 높아지고 저온습윤 저장기간이 길어질수록

Table 3. F-value of ANOVA of germination percent and  $T_{50}$  (days to 50% of germination of final germination rates) in *A. dioicus* seeds stored with low temperature and wet condition.

Source	F-value	
	Germination percent	$T_{50}$
Pre-treatment (A)	167.526*	52.482*
Temperature (B)	47.781*	333.377*
A × B	3.143*	6.909*

\*Data are means of three experiments performed in triplicate ( $p < 0.01$ ).

$T_{50}$ 이 짧아지는 것으로 보고하여 산채인 본 실험의 눈개승마와 동일한 경향을 보였다. 이러한 결과는 저온저장고에 저장되었던 성숙 종자가 저온습윤 처리를 통해 생리적 휴면이 타파되어 나타난 것으로 사료된다.

발아율지수는 온도가 높아질수록, 저온습윤 저장기간이 증가할수록 높아지는 것으로 조사되었다. 평균 발아일수는 대조구를 제외한 저온습윤 저장 처리구의 경우 온도가 높아질수록 짧아져  $T_{50}$ 과 동일한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 또한, 평균 발아일수가 가장 긴 30일의 5°C에서는 최종발아율이 가장 높게 나타난 처리구 보다 약 5.2배 더 긴 것으로 조사되었다 (Table 4). 발아율이 상대적으로 높게 나타난 저온습윤 조건에서 저장 30일 이상의 처리구를 살펴보면 각 온도별로는 저온습윤 저장기간이 길어질수록 대부분 짧아지는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 이렇게 눈개승마 종자의 저온습윤 저

**Table 4.** Effects of temperature on germination rate index (GRI), mean germination time (MGT), coefficient of velocity of germination (CVG), Germination velocity (Rs) and mean daily germination (MDG) in *A. dioicus* seeds stored with low temperature and wet condition (LTW).

Pre-Treatment	Temperature (°C)	GRI	MGT	CVG	Rs	MDG
Controll	5	–	–	–	–	–
	10	–	–	–	–	–
	15	0.8 ± 0.4	12.1 ± 4.6	9.0 ± 3.1	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.3
	20	2.1 ± 0.6	12.5 ± 0.3	8.0 ± 0.2	1.1 ± 0.3	1.3 ± 0.3
LTW <sup>1)</sup> for 15 days	5	–	–	–	–	–
	10	2.0 ± 0.3	20.7 ± 0.3	4.8 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.4 ± 0.2
	15	4.8 ± 0.2	12.3 ± 0.6	8.2 ± 0.4	2.4 ± 0.1	3.1 ± 0.1
	20	5.2 ± 0.6	9.4 ± 1.3	10.8 ± 1.5	1.9 ± 1.3	3.5 ± 0.7
LTW for 30 days	5	1.2 ± 0.2	37.2 ± 0.8	2.7 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.2
	10	3.9 ± 0.2	19.9 ± 0.2	5.0 ± 0.0	1.9 ± 0.1	2.3 ± 0.1
	15	6.7 ± 0.6	12.1 ± 0.9	8.3 ± 0.6	3.4 ± 0.3	3.8 ± 0.4
	20	6.9 ± 0.8	10.0 ± 0.2	10.0 ± 0.2	3.0 ± 0.8	4.4 ± 0.5
LTW for 45 days	5	2.4 ± 0.3	23.7 ± 0.6	4.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.9 ± 0.2
	10	5.8 ± 0.7	14.5 ± 0.4	6.9 ± 0.2	2.9 ± 0.4	3.3 ± 0.4
	15	12.2 ± 0.6	7.3 ± 0.1	13.6 ± 0.1	6.1 ± 0.3	8.7 ± 1.2
	20	14.3 ± 0.5	5.8 ± 0.2	17.2 ± 0.6	5.8 ± 2.6	7.8 ± 3.9
LTW for 60 days	5	2.6 ± 0.2	23.7 ± 0.9	4.2 ± 0.2	1.1 ± 0.2	2.0 ± 0.3
	10	7.0 ± 0.7	11.9 ± 0.1	8.4 ± 0.1	3.5 ± 0.3	4.1 ± 0.4
	15	13.3 ± 0.7	7.2 ± 0.2	13.8 ± 0.4	6.6 ± 0.3	9.3 ± 0.6
	20	15.1 ± 1.6	6.2 ± 0.3	16.0 ± 0.9	7.5 ± 0.8	8.9 ± 0.5
Source		F-value				
		GRI	MGT	CVG	Rs	MDG
Pre-treatment (A)		411.821*	91.615*	80.958*	66.024*	61.101*
Temperature (B)		469.065*	568.132*	277.274*	67.999*	65.602*
A × B		18.038*	10.058*	8.133*	3.624*	3.379*

<sup>1)</sup>LTW; pre-treatment by low temperature and wet condition.

\*Data are means ± SD of three experiments performed in triplicate ( $p < 0.01$ ).

장기간이 길어질수록 평균 발아일수가 짧아지는 것은 저온습윤 저장에 의한 발아촉진효과가 나타났기 때문으로 사료된다.

발아속도계수의 경우 저온습윤 저장기간이 긴 45일 이상의 처리구에서 상대적으로 높았으며, 대부분 저온습윤 저장 60일에서 가장 높게 나타났다. 발아속도와 평균 발아속도는 저온습윤 처리기간이 증가할수록 빨라지는 경향을 보여 최종발아율과 정의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 발아속도의 경우에는 15일, 30일, 45일, 60일 전처리에서 각각 1.9 - 2.4배, 1.6 - 5.7배, 2.0 - 5.1배, 1.9 - 6.8배 빠른 것으로 조사되어 발아균일도와는 다른 경향을 보였다 (Table 4).

전체적으로 눈개승마는 30일 이상의 전처리와 10°C 이상의 온도 조건에서 발아율이 60% 이상으로 양호한 것으로 나타났다. 이는 저온습윤저장을 통해 발아억제물질이 제거되어 발아율이 향상된 것으로 판단된다 (Schopmeyer, 1974). 이러한 결과를 통해 눈개승마는 종자의 전처리 (저온습윤 저장)가 발아율 향상에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 온도가 발아

에 영향을 주는 것을 확인하였다 (Bonner, 1988). 따라서 눈개승마는 45 - 60일 정도의 전처리 (5°C의 저온습윤 저장)와 15°C정도의 온도에서 발아를 유도한다면 발아율 향상뿐만 아니라 T<sub>50</sub>과 평균 발아일수가 짧아져 눈개승마 종자를 보다 균일하게 발아되도록 유도하여 눈개승마를 보다 효과적이고 효율적으로 생산·관리할 수 있을 것으로 보인다.

## 2. 식물생장조정제 및 차광별 발아반응

식물생장조정제 뿐만 아니라 광 등의 환경요인 또한 종자의 발아에 영향을 미치는 중요한 요소로 보고되었다 (Bonner, 1988; Cho and Kim, 1993).

눈개승마의 종자는 파종 후 28일부터 발아가 확인되었으며, 발아율은 35% 차광과 50% 차광의 대조구에서 각각 68.3%와 62.5%로 높게 조사되었다. 특히, 발아율이 높은 대조구의 경우에는 35% 차광에서 발아율이 가장 높았으며, 차광율이 높아질수록 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 5). 차광 처리구 중에

환경조절에 따른 눈개승마의 발아 특성

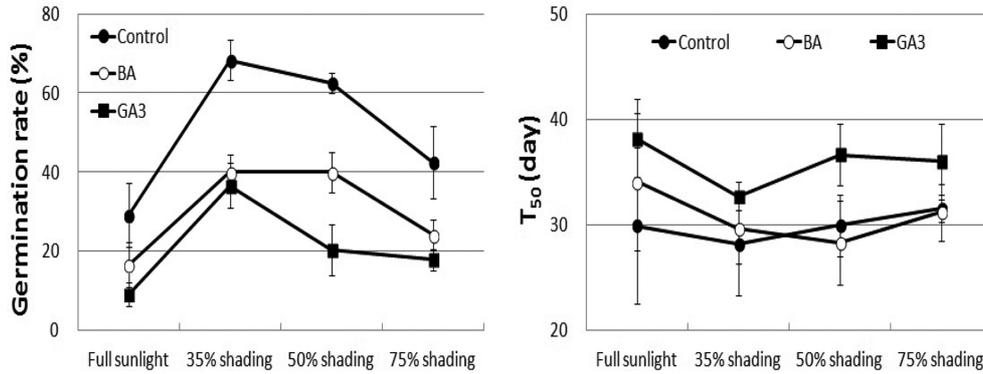


Fig. 5. Effects of shading rate on germination rate and  $T_{50}$  (days to 50% of germination of final germination rates) in *A. dioicus* seeds pre-treated with control, BA and  $GA_3$ . Bars indicate SD.

서는 75% 차광에서 발아율이 가장 저조하였는데, 이는 유입되는 광량의 부족이 종자의 발아에 영향을 미쳤기 때문으로 보인다 (Bonner, 1988; Kang *et al.*, 1997; Yu *et al.*, 1995).

한편, 모든 전처리구 (대조구, BA,  $GA_3$  처리)는 전광에서 발아율이 가장 낮았으며, 각 차광 내에서는 대조구에서 가장 높고 그 다음은 BA 처리구,  $GA_3$  처리구 순으로 높은 것으로 나타나 식물생장조정제의 처리효과가 없었다.

일반적으로 종자는 대부분 겨울에 휴면을 하며, 이러한 종자의 발아율 향상을 위한 휴면타파는 실내에서의  $GA_3$  처리 (Kim *et al.*, 2014, 2015; Kwon *et al.*, 1995; Ryu *et al.*, 2002)와 일정기간 동안의 저온습윤 처리 (Milberg and Andersson, 1998)가 노천매장을 극복하는 효율적인 방법으로 보고된 바 있는데, 본 실험에서는 식물생장조정제 처리의 효과가 나타나지 않았으며, 추후 보다 세밀한 실험이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

산채인 곰취 종자의 경우  $GA_3$  100 mg · l<sup>-1</sup>와 70% 차광 처리구에서 가장 높은 발아율일 보인 것으로 보고되었다 (Cho *et al.*, 2013). 이처럼 종자의 발아촉진 뿐만 아니라 식물의 우수한 생육을 위해서 식물생장조정제 처리 ( $GA_3$ , BA 등)를 실시하고 있으나 (Hayati *et al.*, 2005; Koomneef *et al.*, 2002) 노랑하늘타리 (Lee *et al.*, 2014)와 박 종자 (Kang *et al.*, 2003)의 경우에는  $GA_3$  처리 시 발아율이 낮아진 것으로 보고 되어 본 실험과 동일한 결과를 보인 것으로 나타났다.

눈개승마 종자의  $T_{50}$ 은 전광의  $GA_3$ 에서 38.2일로 가장 길고 35% 차광의 대조구에서 28.2일로 가장 짧게 조사되었다. 발아가 전혀 되지 않은 75% 차광을 제외하고 모두  $GA_3$  처리구에서 상대적으로 길게 조사되었다. 눈개승마의  $T_{50}$ 은 대체적으로 전광 보다는 차광에서 긴 경향을 보였다.

한편, 삼주는 상대적으로 전광에서  $T_{50}$ 이 21.6일로 가장 짧게 나타났고 (Jeon *et al.*, 2013b), 갯기름나물은 전광에서  $T_{50}$ 이 35.8일로 가장 길게 나타난 (Song *et al.*, 2014) 것으로

Table 5. F-value of ANOVA of germination rate and  $T_{50}$  (days to 50% of germination of final germination rates) in *A. dioicus* seeds treated with control, BA and  $GA_3$ .

Source	F-value	
	Germination rate	$T_{50}$
Shading (A)	53.249*	—
Pre-treatment (B)	91.639*	5.858*
A × B	3.143**	—

Data are means of three experiments performed in triplicate (\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ ).

보고되었다. 본 실험의 눈개승마의 경우 전광 내 대조구에서  $T_{50}$ 이 29.9일로 조사되어 각 식물의 종자는 발아에 필요한 적정 광조건이 각기 다름을 확인하였다. 특히, 이 중에서는 삼주의  $T_{50}$ 이 가장 짧은 것으로 나타났는데, 이는 삼주가 내음성이 약한 양엽식물의 특성을 갖고 있기 때문인 것으로 판단되며 (Jeon *et al.*, 2015), 눈개승마의 경우 상대적으로 삼주보다는 내음성이 강하고 갯기름나물보다는 약한 특성을 가지고 있기 때문으로 생각된다.

발아율지수는 전광에서 가장 낮았고 모든 전처리구 (대조구, BA,  $GA_3$  처리)에서는 35% 차광에서 각각 2.1, 1.2, 1.0으로 가장 높았으며, 차광율이 높아질수록 낮아지는 경향을 보였다. 각 차광 내에서는 대조구, BA,  $GA_3$  처리 순으로 낮아졌다. 평균 발아일수는 전광에서 37.0-39.9일, 35% 차광에서는 33.8-36.0일, 50% 차광에서는 32.7-38.6일, 75% 차광에서는 35.7-39.0일로 조사되었으며, 각 차광 내에서는 대부분 대조구 보다 식물생장조정제 처리구에서 더 길게 나타났다 (Table 6).

발아속도계수는 모든 처리에서 2.5-3.1이었으며, 발아속도의 경우 전처리별로는 모두 전광에서 가장 느렸고 각 차광 내에서는 대조구에서 가장 빠르게 나타났다. 발아속도는 발아율지수와 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 평균 발아속도는 35% 차광의 대조구에서 가장 빨랐고 각 차광 내에서는

**Table 6.** Effects of shading on germination rate index (GRI), mean germination time (MGT), coefficient of velocity of germination (CVG), Germination velocity (Rs) and mean daily germination (MDG) in *Aruncus dioicus* seeds treated with plant hormone (control, BA and GA<sub>3</sub>).

Shading (%)	Pre-treatment	GRI	MGT	CVG	Rs	MDG
Full sunlight	Control	0.8 ± 0.3	37.0 ± 3.3	2.7 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.7 ± 0.2
	BA	0.5 ± 0.2	37.4 ± 4.3	2.7 ± 0.3	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.1
	GA <sub>3</sub>	0.2 ± 0.1	39.9 ± 2.7	2.5 ± 0.2	0.1 ± 0.0	0.2 ± 0.1
35	Control	2.1 ± 0.1	33.8 ± 0.8	3.0 ± 0.1	0.8 ± 0.1	1.6 ± 0.1
	BA	1.2 ± 0.2	34.1 ± 1.6	2.9 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.9 ± 0.1
	GA <sub>3</sub>	1.0 ± 0.1	36.0 ± 1.8	2.8 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.9 ± 0.1
50	Control	1.9 ± 0.0	33.4 ± 1.2	3.0 ± 0.1	0.8 ± 0.0	1.5 ± 0.1
	BA	1.2 ± 0.2	32.7 ± 0.9	3.1 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1.0 ± 0.1
	GA <sub>3</sub>	0.5 ± 0.2	38.6 ± 2.0	2.6 ± 0.1	0.1 ± 0.0	0.5 ± 0.1
75	Control	1.2 ± 0.3	35.7 ± 1.6	2.8 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1.0 ± 0.2
	BA	0.7 ± 0.1	36.7 ± 2.1	2.7 ± 0.2	0.3 ± 0.0	0.6 ± 0.1
	GA <sub>3</sub>	0.5 ± 0.1	39.0 ± 1.5	2.6 ± 0.1	0.1 ± 0.0	0.4 ± 0.1
Source		F-value				
		GRI	MGT	CVG	Rs	MDG
Shading (A)		57.347*	5.312*	6.051*	62.844*	52.376*
Pre-treatment (B)		95.683*	8.972*	10.912*	137.600*	80.254*
A × B		4.079*	—	—	8.711*	3.280**

Data are means ± SD of three experiments performed in triplicate (\**p* < 0.01, \*\**p* < 0.05).

대조구, BA, GA<sub>3</sub> 순으로 빨랐는데, 이러한 결과는 발아율지 수와 정의 상관관계를 보이는 것으로 나타났다.

한편, 산재인 곰취 종자를 수침처리 후 각 차광조건 (전광 및 35%, 50%, 75%, 95% 차광)에 파종한 결과, 전체적으로 평균 발아일수와 발아속도는 각각 17.8 - 18.8과 2.10 - 2.64로 보고되어 (Jeon *et al.*, 2013a) 본 실험의 눈개승마와 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 눈개승마의 경우 곰취 보다 평균 발아일수가 길고 발아속도는 느린 것으로 나타났는데, 이는 식물마다 내음성의 정도가 다르기 때문인 것으로 보인다.

전체적으로 눈개승마 종자는 35% 차광에서 발아가 가장 좋고 효율적인 생산·관리가 가능할 것으로 보이며, 추후 식물 성장조정제 (BA, GA<sub>3</sub> 등)의 농도와 침지시간을 달리한 실험이 수행되어야 할 것으로 생각된다. 또한, 전광의 몇몇 개체에서 황화현상이 일부 발생하였는데, 이는 고온에 의한 피해로 판단되며, 이러한 문제점 해결뿐만 아니라 눈개승마의 효율적인 발아와 생육을 위해서는 적절한 차광이 반드시 필요할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

Al-Mudaris MA. (1998). Notes on various parameters recording the speed of seed germination. *Journal of Agriculture in the Tropics and Subtropics*. 99:147-154.

Andalibi B, Zangani EA and Nazari H. (2005). Effects of water

stress on germination indices in six rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 36:457-463.

Bewley JD and Black M. (1985). *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum Press. New York, NY, USA. p.1-27.

Bonner FT. (1988). *Seeds of woody plants*. *Advances in Research and Technology of Seeds*. 11:81-112.

Cho EJ. (2000). A survey on the usage of wild grasses. *Journal of the Korean Society of Dietary Culture*. 15:59-68.

Cho SH and Kim KJ. (1993). Studies on the increase of germination percent of *Angelica gigas* Nakai: I. Germination characteristics and cause of lower germination percent. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 1:3-9.

Cho WW, Lee SH, Lee SK, Kim JH, Koo JJ, Park KW and Kang HD. (2013). Effects of seed storage temperature, GA<sub>3</sub> and shading on seed germination and seedling growth of *Ligularia fischeri*. *Proceeding of Korean Institute of Forest Recreation*. p.235-237.

Coolbear P, Francis A and Grierson D. (1984). The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*. 35:1609-1617.

Gharineh MH, Bakhshandeh A and Ghasemi-Golezani K. (2004). Vigor and seed germination of wheat cultivar in Khuzestan environmental condition. *The Science Journal of Agriculture*. 27:65-76.

Hayati NE, Sukprakarn S and Juntakool S. (2005). Seed germination enhancement in *Solanum stramonifolium* and *Solanum torvum*. *Kasetsart Journal: Natural Science*. 39:368-376.

- Hwang IS, Yoo JH, Seong ES, Lee JG, Kim HY, Kim NJ, Lim JD, Ham JK, Ahn YS, Kim NY and Yu CY.** (2012). The effect of temperature and seed soaking on germination in *Cynanchum wilfordii*(Maxim.) Hemsl. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:136-139.
- Jeon KS, Song KS, Choi KS, Kim CH, Park YB and Kim JJ.** (2015). Growth and photosynthetic characteristics of *Atractylodes japonica* by light controls and leaf mold treatment in forest farming. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:161-167.
- Jeon KS, Song KS, Kim CH, Yoon JH and Kim JJ.** (2013a). Effects of seed pre-treatment and germination environments on germination characteristics of *Ligularia fischeri* seeds. Protected Horticulture and Plant Factory. 22:262-269.
- Jeon KS, Song KS, Yoon JH, Kim CH and Kim JJ.** (2013b). Effects of seed pre-treatment and environment controls on germination of *Atractylodes japonica* seeds. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:394-400.
- Jeon SH, Son D, Ryu YS, Kim SH, Chung JI, Kim MC and Shim SI.** (2010). Effect of presowing seed treatments on germination and seedling emergence in *Taraxacum platycarpum*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:9-14.
- Kang JH, Kim DI, Ryu OK, Kim ES and Kim YK.** (1997). Effect of seed pretreatment with chilling, GA<sub>3</sub> and light on *Bupleurum falcatum* germination. Korean Journal of Crop Science. 42:384-391.
- Kang JH, Shim YD and Jeong JI.** (2001). Effects of seed treatments for promoting seedling emergence of *Codonopsis lanceolata* Trautv. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:68-75.
- Kang SY, Kang JH, Choi YW, Jeon BS and Lee SW.** (2003). Single or combined treatment effect of priming, gibberellin and prechilling on germination of gourd seeds. Korean Journal of Life Science. 13:137-142.
- Kim CJ.** (1999). Studies on seed production and germination of *Ligularia fischeri*. Master Thesis. Kangwon National University. p.1-39.
- Kim DH, Ahn BJ, Ahn HJ, Ahn YS, Kim YG, Park CG, Park CB, Cha SW and Song BH.** (2015). Studies on seed germination characteristics and patterns of protein expression of *Achyranthes japonica* by treating plant growth regulators and seed primings. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:13-19.
- Kim MS, Kim KH, Jo JE, Choi JJ, Kim YJ, Kim JH, Jang SA and Yook HS.** (2011). Antioxidative and antimicrobial activities of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara extracts. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 40:47-55.
- Kim YC, Kim YB, Park HW, Bang KH, Kim JU, Jo IH, Kim KH, Song BH and Kim DH.** (2014). Optimal harvesting time of ginseng seeds and effect of gibberellic acid(GA<sub>3</sub>) treatment for improving stratification rate of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) seeds. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:423-428.
- Koornneef M, Bentsink L and Hilhorst H.** (2002). Seed dormancy and germination. Current Opinion in Plant Biology. 5:33-36.
- Kulkarni MG, Street RA and Van Staden J.** (2007). Germination and seedling growth requirements for propagation of *Dioscorea dregeana*(Kunth) Dur. and Schinz: A tuberous medicinal plant. South African Journal of Botany. 73:131-137.
- Kwon TR, Jo JH, Kwon YS, Lee SP and Choi BS.** (1993). Study on seed treatments to facilitate germination of some wild edible greens. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 35:416-421.
- Kwon TR, Kim SK, Min GG, Jo JH, Lee SP and Choi BS.** (1995). Seed germination of *Aralia cordata* Thunb. and effect of mulching methods on yield and blanching. Journal of the Korean Society for Horticultural Science. 36:620-627.
- La YJ and Jeong JH.** (2008). Effect of GA<sub>3</sub>, moist chilling storage and priming treatment on seed germination of *Caltha palustris* var. *membranacea* Turcz. Flower Research Journal. 16:174-178.
- Lee HD, Kim SD, Kim HH, Kim JH, Lee JW, Yun T and Lee CH.** (2003a). Effect of storage condition, growth regulator, and inorganic salt on the germination of *Lysimachia davurica*. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 21:34-38.
- Lee HD, Kim SD, Kim HH, Kim JH, Lee JW, Yun T, Kim TJ and Lee CH.** (2003b). Effect of storage method, and priming treatment on seed germination of *Weigela subsessilis* L. H. Bailey. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 21:39-44.
- Lee SG, Kim HY and Ku JJ.** (2014). Effects of seed storage temperature and pre-treatment on germination, seedling quality on wild *Trichosanthes kirilowii* Maxim and *Trichosanthes kirilowii* var. *japonica* Kitam. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:53-59.
- Milberg P and Andersson L.** (1998). Does cold stratification level out differences in seed germinability between populations? Plant Ecology. 134:225-234.
- Park HI, Shim HS, Choi LN, Jo HG, Han SH, Lee JG, Yu CY and Lim JD.** (2013). Effects of priming and seed pellet technique for improved germination and growth in *Fraxinus rhynchophylla* and *Alnus sibirica*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:7-19.
- Rajabi R and Poustini K.** (2005). Effects of NaCl salinity on seed germination of 30 wheat(*Triticum aestivum* L.) cultivars. The Scientific Journal of Agriculture. 28:29-44.
- Ranal MA and Santana DG.** (2006). How and why to measure the germination process? Brazilian Journal of Botany. 29:1-11.
- Ruan S, Xue Q and Tylkowska K.** (2002). The influence of priming on germination of rice(*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soils. Seed Science and Technology. 30:61-67.
- Ryu SY, Lee HS, Cho KS, Yoo DL, Kang SH and Kim JH.** (2002). Effects of some factors on germination and stem cutting of *Hanabusaya asiatica*. Journal of the Korean Society for Horticultural Science. 43:369-372.
- Salisbury FB and Ross CW.** (1992). Hormones and growth regulator: Auxins and gibberellin. In Salisbury FB and Ross CW.(4th eds.). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company. Belmont. CA, USA. p.485-503.
- Schopmeyer CS.** (1974). Seeds of woody plants in the United States. In Sander IL.(ed.). *Gymnocladus dioicus*(L.) K. Koch. Forest

- service, USDA Agriculture Handbook. No. 450. Washington D.C., USA. p.439-440.
- Scott SJ, Jones RA and Williams WA.** (1984). Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*. 24:1192-1199.
- Shin JW, Lee SI, Woo MH and Kim SD.** (2008). Effect of ethanol extracts of goat's beard on streptozotocin induced diabetic symptoms and oxidative stress in rats. *Journal of the East Asian Society Dietary Life*. 18:939-948.
- Song KS, Jeon KS, Choi KS, Kim CH, Park YB and Kim JJ.** (2015). Characteristics of photosynthesis and leaf growth of *Peucedanum japonicum* by leaf mold and shading level in forest farming. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 23:43-48.
- Song KS, Jeon KS, Yoon JH, Kim CH, Park YB and Kim JJ.** (2014). Characteristics of growth and root development of *Peucedanum japonicum* seedling by shading rate and container size. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:384-390.
- Vo QH, Nguyen PH, Zhao BT, Thi YN, Nguyen DH, Kim WI, Seo UM, Min BS and Woo MH.** (2014). Bioactive constituents from the n-butanolic fraction of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*. *Natural Product Sciences*. 20:274-280.
- Yang YJ and Kim YS.** (1993). Seed germination of Korean wild medicinal plants: *Capsella bursapastoris*, *Persicaria perfoliata* and *Commelina communis*. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 34:315-319.
- Yoo JH, Hwang IS, Seong ES, Lee JG, Kim HY, Kim NJ, Lim JD, Ham JK, Ahn YS and Yu CY.** (2012a). The germination characteristics of *Rheum undulatum* L. seeds in treatment conditions. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:393-397.
- Yoo JH, Hwang IS, Seong ES, Lee JG, Kim NJ, Kim MJ, Lee JD, Ham JK, Ahn YS, An TJ and Yu CY.** (2012b). Establishing optimal germination for stored *Rheum palmatum* L. seeds. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:85-88.
- Yoon ST, Lee DJ and Kim YH.** (1999). The technology for increasing seed viability by priming treatment and plant growth regulators in medicinal plants. *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*. 11:85-95.
- Youn JS, Shin SY, Wu Y, Hwang JY, Cho JH, Ha YG, Kim JK, Park, MJ, Lee SH, Kim TH and Kim TW.** (2012). Antioxidant and anti-wrinkling effects of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* extract. *Korean Journal of Food Preservation*. 19:393-399.
- Yu HS, Kang BH, Im DJ, Kim CG, Kim YG, Lee ST and Chang YH.** (1995). Effects of temperature, light, GA<sub>3</sub> and storage method on germination of *Angelica gigas* Nakai. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 3:30-34.
- Zhang Q and Kim HY.** (2014). DNA damage protection and anti-inflammatory activity of different solvent fractions from *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*. *Korean Journal of Plant Resources*. 27:714-719.