



현삼 및 섬현삼 종자의 저장조건에 따른 발아특성 연구

이정훈*† · 안찬훈** · 이윤지* · 김성철* · 정찬식* · 김성민***

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **산림약용자원연구소, ***공주대학교 식물자원학과

Effect of Storage Condition on the Germination of *Scrophularia buergeriana* and *Scrophularia takesimensis*

Jeong Hoon Lee*†, Chanhoo An**, Yun Ji Lee*, Seong Chul Kim*, Chan Sik Jung* and Seong Min Kim***

*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

**Forest Medicinal Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Punggi 36040, Korea.

***Department of Plant Resources, College of Industrial Science, Kongju National University, Yesan 32439, Korea.

ABSTRACT

Background: This study was conducted to investigate the effects of germination temperature, storage container and storage temperature on *Scrophularia buergeriana* and *Scrophularia takesimensis* seeds.

Methods and Results: Seed lengths of both species were 0.8 mm, while seed width differed, with *S. buergeriana* measuring 0.5 mm and *S. takesimensis* measuring 0.4 mm. The seeds of *S. buergeriana* were packaged in paper containers under room temperature (15°C), cold temperature (4°C), and freeze temperature (-20°C). These seeds exhibited around 80% germination rate at temperatures between 15°C and 30°C. The germination rate of *S. takesimensis*, on the other hand, differed significantly at different germination temperatures. Seeds of *S. takesimensis* which were packaged in vinyl and paper containers and stored under room and cold temperatures, exhibited around 80% germination rate at 15°C. However, the germination rate of freeze-stored seeds were decreased to lower than 20% at germination temperatures of 15°C, 25°C and 30°C germination conditions. The rate of germination showed a low positive to a significantly negative correlation with the other factor that were determined to evaluate the germination performance.

Conclusions: This study elucidates the most suitable germination and storage conditions to increase the germination rate for the two species of *Scrophularia buergeriana* and *Scrophularia takesimensis* needs to be stored in paper containers under cold temperature and requires a temperature of 20°C for germination. On the other hand, *S. takesimensis* in vinyl containers need to be stored at room temperature and those in paper containers at cold temperature, and a temperature of 15°C is required for germination.

Key Words: *Scrophularia buergeriana*, *Scrophularia takesimensis*, Germination, Germination Temperature, Seed Storage

서 언

오랫동안 우리나라를 비롯한 인도, 일본 등 동양권 국가들은 약용작물을 한약재로 조제하여 질병을 치료하는데 중요한 수단으로 사용해 왔다. 최근 웰빙문화 확산에 따라 소비자의 트렌드가 변화하면서 약용작물의 소재는 약용, 식용, 산업용 등으로 확대되고 있으며, 기능성 천연자원에 대한 활용이 부각되고 있다. 한편 현삼속 식물도 기존의 한약재에서 벗어나

천연 한방화장품 등으로 가치가 새롭게 재조명되는 약초자원으로서 세계적으로 유럽, 아시아, 북미 등 북반구 온대지역에서 약 270분류군이 분포하고 있으며, 국내에서는 섬현삼 등 11종이 자생하는 것으로 보고되고 있다 (Jang and Oh, 2013).

이 중 한약재 현삼 (玄蔘)은 대한민국약전 (MFDS, 2012)에서 *Scrophularia buergeriana* Miq. 또는 *Scrophularia ningpoensis* Hemsley을 기원식물로 규정하고 있다. 현삼 (*Scrophularia buergeriana*)의 국내분포는 문헌상 한반도 북부지역에 분포하

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5578 (E-mail) artemisia@korea.kr

Received 2016 July 3 / 1st Revised 2016 August 1 / 2nd Revised 2016 September 12 / 3rd Revised 2016 October 10 / Accepted 2016 October 17
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.

는 것으로 되어 있지만 현재까지 자생지를 확인한 바가 없으며, 대부분 경기도, 경상북도에서 재배작물로 명맥을 유지하고 있다. 또한 섬현삼 (*Scrophularia takesimensis*)은 우리나라에서도 울릉도에서만 제한적으로 자생하는 특산종으로서 환경부 및 산림청에선 멸종위기종으로 지정하여 보존하고 있는 실정이다 (Han *et al.*, 2009; ME, 2005).

한약재로 이용되는 현삼은 항염, 해열과 해독 등에 효능을 가지고 있어 뿌리를 이용하여 온 것으로 알려져 있고, 현삼에서 추출한 methoxycinnamic acid 등은 퇴행성 뇌신경세포 보호에 높은 활성을 보고된바 있으며 (Kim *et al.*, 2003), 현삼속 식물의 성분연구 (Lee *et al.*, 2007), 분류학적 연구 (Han *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2010; Jang and Oh, 2013), 자생지 분포연구 (Kim *et al.*, 2013), 종자발아 (Nurse and Cavers, 2008) 및 재배 (Lee *et al.*, 2014) 등에 관한 연구가 보고된 바 있지만, 종자의 저장조건에 대한 발아특성 등에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

한편, 동속 식물에서도 자생지와 생육특성이 상이할 경우 종자 발아시 요구되는 조건에 있어 차이를 나타내는 결과가 마속 (Okagami and Kawai, 1982), 바위솔속 (Kang *et al.*, 2010), 느릅나무속 (Song *et al.*, 2011)과 소나무류 (Choi *et al.*, 2007a) 등에서 보고된바 있으며, 동일종이라도 기후조건이 다른 지역에 분포할 경우 발아 반응이 상이하게 나타나기도 한다 (Lee *et al.*, 1995). 종자의 발아에 요구되는 요인에는 온도, 수분, 광 등의 다양한 요인이 존재하기 때문에 식물의 종에 따라 적절한 종자 저장과 발아 조건에 대한 연구가 요구된다.

따라서 본 연구는 현삼속 식물중 약용 및 자생식물로서의 보존가치가 높은 현삼과 섬현삼의 종자의 저장조건에 따른 발아특성을 규명함으로써 자원을 증식하고 보존하는 기초연구로 활용하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에 이용된 종자는 2008년 국립농업유전자원정보센터에서 분양 받아 인삼특작부 시험포장에서 증식된 식물체로부터 채종하였다. 식물체 일부는 정확한 동정을 위하여 석엽표본으로 제작하여 한국약용자원표본관 (KMRH)에 확증표본으로 보관하였다 (Table 1).

2. 종자 크기 측정

종자 크기를 측정하기 위하여 2014년 수집된 종자를 무작위로 10립씩 3반복으로 선발하여 종자의 길이와 폭을 측정하였다. 측정된 종자의 길이와 폭의 비율인 장폭비를 계산하였다.

Table 1. *Scrophularia* species used in this study.

Taxon	Collection site	Voucher No.	Herbarium	Remark
<i>S. buergeiana</i>	NIHHS ¹⁾	MPS003509	KMRH ²⁾	Cultivate sp.
<i>S. takesimensis</i>	Ulleunggun	MPS003462	KMRH	Native sp.

¹⁾NIHHS; National institute of horticultural and herbal science, Korea.
²⁾KMRH; The Korea medicinal resources herbarium at department of herbal crop research.

3. 종자 저장

종자의 저장조건에 따른 발아 특성을 조사하기 위하여 2014년 채종된 종자를 종이용기와 비닐용기에 각각 넣은 후, 상온 (15°C), 저온 (4°C)과 냉동 (-20°C)에서 180일간 저장하였다 (LG refrigerator R-B515GD, LG, Changwon, Korea).

4. 종자 발아

저장용기와 온도를 달리하여 저장된 종자는 petri dish에 filter paper를 깔고 증류수를 적신 후 50립씩 3반복으로 치상하였다. 적정발아온도를 구명하기 위하여 종자가 치상된 petri dish는 15°C, 20°C, 25°C와 30°C로 설정된 항온배양기 (Multi-Room Incubator, Wisecube, Wonju, Korea)에서 30일간 암조건으로 발아실험을 실시하였다. 이 때 유근 혹은 유아가 1 mm 이상 출현한 것을 발아된 것으로 조사하였다. 발아 조사 결과를 이용하여 총 파종 종자에 대한 발아 종자의 백분율로 발아율 (germination percent, GP)을 산출하였다. 평균발아소요일수 (mean germination time, MGT), 발아 에너지 (germination energy, GE), 발아속도 (germination speed, GS)와 발아지수 (germination index, GI)는 다음 식에 의하여 산출하였다 (Scott *et al.*, 1984).

$$MGT = \frac{\sum(TiNi)}{N}$$

$$GE = 4th \text{ day } GP / N$$

$$GS = \frac{\sum(Ni / Ti)}{S}$$

$$GI = \frac{\sum(TiNi)}{S}$$

Ti ; 파종 후 경과일 수, Ni ; i 일에 발아된 종자의 수, N ; 총 발아 수, S ; 파종된 종자의 수

최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일 수 (T_{50})는 다음 식에 의하여 산출하였다 (Coolbear *et al.*, 1984).

$$T_{50} = Ti + [(N + 1) / 2 - Ni] / (Nj - Ni) \times (Tj - Ti)$$

$$(\text{단, } Ni < (N + 1) / 2 < Nj)$$

N ; 최종 발아 조사기간까지 발아된 전체 종자 수, Ni ; N 에 대한 50% 직전까지 발아된 종자 수의 합계, Nj ; N 에 대한

50% 직후에 발아된 종자 수의 합계, T_i ; N_i 시점까지 소요된 발아기간, T_j ; N_j 시점까지 소요된 발아기간

5. 통계처리

조사된 결과는 SPSS statistics ver. 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 일원배치분산분석 (One-way ANOVA)을 실시하였다. 발아율 (GP), 평균발아소요일 수 (MGT), 최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일 수 (T_{50}), 발아 에너지 (germination energy, GE), 발아속도 (germination speed, GS)와 발아지수 (germination index, GI)간의 상관관계는 피어슨 상관계수 (Pearson coefficient)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

현삼과 섬현삼의 종자의 길이는 두 종의 종자 간에 차이를 나타내지 않았으나, 길이와 장폭비는 유의적인 차이를 나타내었다 (Table 2). 두 수종의 종자 길이는 모두 0.8 mm였으며, 종자의 폭은 현삼 종자 0.5 mm와 섬현삼 종자 0.4 mm로 나타났다. 두 수종의 종자길이는 같으나 폭은 섬현삼 종자가 낮게 나타났으며, 섬현삼 종자의 장폭비가 1.8로 높게 나타났다. 이

Table 2. Morphological characteristics of seeds in *S. buergeriana* and *S. takesimensis*.

Taxon	Seed length	Seed width	Seed length / width ratio
<i>S. buergeriana</i>	0.8	0.5	1.5 ± 0.2
<i>S. takesimensis</i>	0.8	0.4	1.8 ± 0.2
Mean	0.8 ± 0.0	0.5 ± 0.0	1.6 ± 0.2
F value	1.4	24.6	26.3
p value	0.24	0.00	0.00

러한 결과는 기존에 보고된 결과와 비슷한 수준이었으며 (Jang and Oh, 2013), 현삼속 식물의 종자 길이는 토현삼이 1.0 mm로 길며 개현삼이 0.7 mm로 가장 값이 적은 것으로 보고된 바 있다 (Jang and Oh, 2013).

동일 종 내에서 종자의 크기는 품질과도 관련되어 있고, 무거운 종자는 영양분의 함량이 높아 발아 및 유식물체 생장이 양호한 것으로 알려져 있지만 (Seiwa and Kikuzawa, 1991), 현삼과 섬현삼의 종자 크기는 이전의 Jang과 Oh (2013)의 보고에서도 나타나듯이 종간의 특성 차이로 보여진다.

현삼과 섬현삼의 발아온도, 저장용기와 온도를 달리한 발아

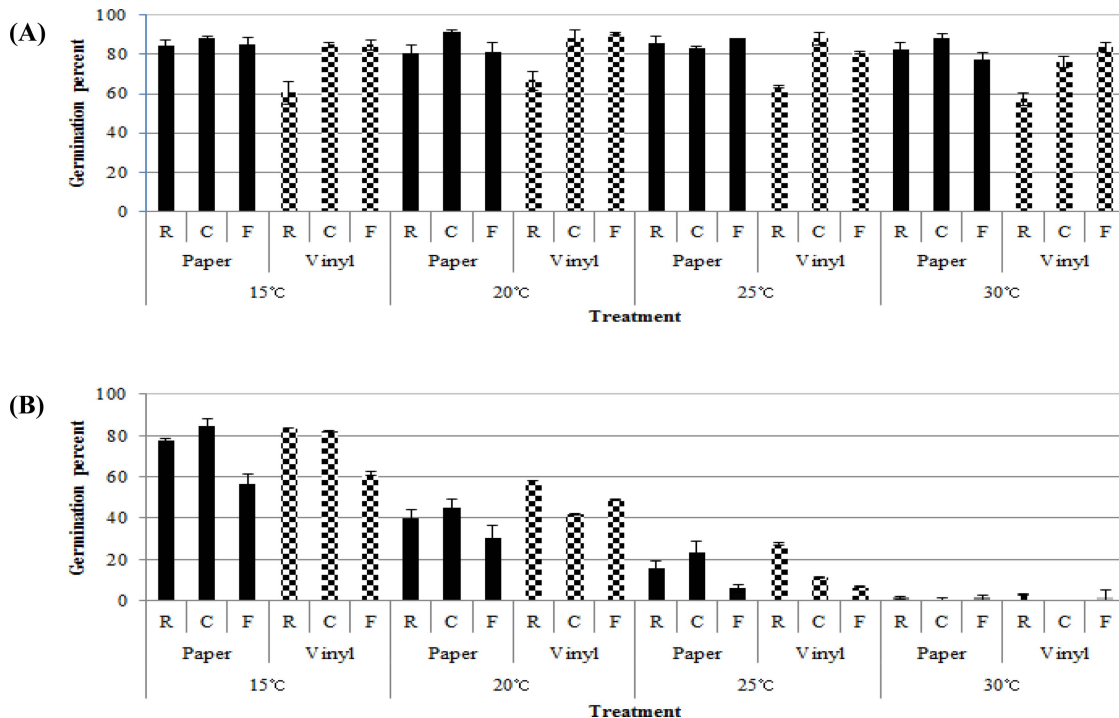


Fig. 1. Effects of germination temperature, storage container and storage temperature on *S. buergeriana* and *S. takesimensis* seeds germination percent. Germination temperature; 15 °C, 20 °C, 25 °C and 30 °C. Seed were stored in Paper (paper storage container), and Vinyl (vinyl storage container) under room temperature (15 °C, R), cold temperature (4 °C, C), and freeze temperature (-20 °C, F). (A); *S. buergeriana*, (B); *S. takesimensis*. Means are significantly different at $p < 0.05$, according to the One-way analysis of variance (ANOVA) results.

Table 3. Several germination performance value of *S. buergeriana* seeds under various germination temperature, storage container and temperature.

Germination temperature (°C)	Storage container	Storage temperature	MGT ¹⁾ (day)	T ₅₀ ²⁾	GE ³⁾	GS ⁴⁾	GI ⁵⁾
15	Paper	Room	4.8	3.9	1.0	9.5	4.0
		Cold	4.7	3.9	0.9	9.9	4.1
		Freeze	6.1	5.4	0.0	7.2	5.3
	Vinyl	Room	9.1	8.5	0.0	3.5	5.6
		Cold	5.4	4.9	0.3	8.2	4.6
		Freeze	6.3	5.4	0.0	7.2	5.3
20	Paper	Room	3.9	3.3	1.1	10.8	3.2
		Cold	3.6	3.0	1.7	13.1	3.3
		Freeze	4.4	3.6	1.2	10.2	3.6
	Vinyl	Room	6.6	5.5	0.1	5.5	4.4
		Cold	4.1	3.5	1.6	11.3	3.6
		Freeze	4.4	3.6	1.5	11.1	3.9
25	Paper	Room	3.6	3.0	1.6	12.5	3.1
		Cold	4.0	3.0	1.4	11.7	3.3
		Freeze	3.7	3.0	1.6	12.6	3.3
	Vinyl	Room	5.4	4.5	0.5	6.4	3.4
		Cold	3.8	3.1	1.6	12.3	3.3
		Freeze	3.9	3.0	1.4	11.3	3.2
30	Paper	Room	3.5	2.7	1.5	12.7	2.9
		Cold	3.8	2.6	1.6	13.5	3.4
		Freeze	3.2	2.6	1.5	12.4	2.5
	Vinyl	Room	5.0	3.6	0.7	7.1	2.8
		Cold	3.7	3.0	1.4	10.9	2.8
		Freeze	4.2	3.1	1.3	11.2	3.5
Mean ± SE			4.6 ± 0.2	3.8 ± 0.2	1.1 ± 0.1	10.1 ± 0.3	3.7 ± 0.1
F value			32.5	77.3	55.6	35.2	10.5
p value			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Germination temperature; 15°C, 20°C, 25°C and 30°C. Seed were stored in Paper (paper storage container), and Vinyl (vinyl storage container) under room temperature (15°C, R), cold temperature (4°C, C), and freeze temperature (-20°C, F). ¹⁾MGT; Mean germination rate. ²⁾T₅₀; days to 50% of germination of final germination rates. ³⁾GE; Germination energy. ⁴⁾GS; Germination speed. ⁵⁾GI; Germination index.

율은 수중과 조건에 따라 차이를 보였다 (Fig. 1). 현삼 종자의 발아율은 최소 57.3% 최대 91.3%이며 평균 80.9%로 나타났지만, 섬현삼 종자의 발아율은 최소 0% 최대 84.7%이며 평균 33.6%로 상대적으로 낮았다. 현삼 종자를 종이용기 보관 시에는 발아율이 모든 발아온도에서 80% 이상 혹은 오차범위 수준으로 양호하게 나타났다. 이에 반하여 비닐용기로 상온에 보관한 종자의 발아율은 발아온도 15°C에서 60.7%, 20°C에서 66.7%, 25°C에서 63.3%로 나타났고, 30°C에서는 모든 처리구 중 가장 낮은 57.3%로 종이용기 보관 시에 비하여 상대적으로 낮았다.

현삼 종자의 발아율은 저장조건과 발아온도에 따른 차이가 작게 나타났으나, 섬현삼 종자의 발아율은 저장용기보다 발아온도와 저장온도 처리별로 상대적으로 큰 차이를 보였다. 두

가지 용기 모두에서 상온과 저온에 저장한 종자는 발아온도 15°C에서는 80% 가량 발아되었으며, 20°C에서는 최소 40%에서 최대 58% 가량 발아되었다. 하지만 발아온도 25°C에서는 최소 10%에서 최대 30%, 30°C에서는 발아율이 3% 미만으로 급격히 낮은 값을 보였으며, 섬현삼 종자는 발아온도 25°C 이상에서 발아율이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

또한 현삼 종자는 비닐용기에 담아 상온에 보관할 경우 발아율이 감소된 반면, 섬현삼 종자는 저장용기별로는 큰 차이가 나타나지 않았으나 냉동보관이 발아율을 다소 감소시키는 것으로 나타났다. 특히 저장온도에서는 냉동으로 보관 시 상온과 냉장에 비하여 발아율이 10% - 28% 가량 감소하였다. 단, 발아온도 20°C 조건에서는 비닐용기에 종자를 보관한 처리구에서 발아율이 상온보관시 58.0%, 냉장보관시 42.0%와 냉동

현삼과 섬현삼 종자 발아특성

Table 4. Several germination performance value of *S. takesimensis* seeds under various germination temperature, storage container and temperature.

Germination Temperature (°C)	Storage container	Storage Temperature (°C)	MGT ¹⁾ (day)	T ₅₀ ²⁾	GE ³⁾	GS ⁴⁾	GI ⁵⁾
15°C	Paperr	Room	10.6	9.7	0.0	3.9	8.2
		Cold	8.9	7.3	0.0	5.3	7.5
		Freeze	12.1	10.8	0.0	2.4	6.9
	Vinyl	Room	9.4	7.9	0.0	4.7	7.8
		Cold	9.4	7.9	0.0	4.6	7.7
		Freeze	11.3	9.9	0.0	2.9	7.0
20°C	Paper	Room	7.5	6.0	0.0	2.9	3.0
		Cold	6.5	5.5	0.0	3.7	2.9
		Freeze	7.4	6.7	0.0	2.1	2.2
	Vinyl	Room	6.8	5.9	0.0	4.5	4.0
		Cold	7.0	6.0	0.0	3.2	2.9
		Freeze	7.7	7.1	0.0	3.3	3.7
25°C	Paper	Room	7.9	7.3	0.0	1.0	1.2
		Cold	9.2	8.5	0.0	1.4	2.1
		Freeze	10.3	9.3	0.0	0.3	0.6
	Vinyl	Room	7.9	7.3	0.0	1.8	2.2
		Cold	10.1	8.3	0.0	0.6	1.1
		Freeze	8.6	7.6	0.0	0.4	0.6
30°C	Paper	Room	9.7	9.7	0.0	0.1	0.2
		Cold	1.7	1.7	0.0	0.1	0.0
		Freeze	4.0	3.8	0.0	0.1	0.2
	Vinyl	Room	11.5	11.5	0.0	0.1	0.3
		Cold	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Freeze	6.7	6.7	0.0	0.1	0.1
Mean ± SE			8.0 ± 0.4	7.2 ± 3.5	0.0 ± 0.0	2.1 ± 0.0	3.0 ± 0.1
F value			3.0	2.6	1.0	40.7	46.3
p value			0.00	0.00	0.48	0.00	0.00

Germination temperature; 15°C, 20°C, 25°C and 30°C. Seed were stored in Paper (paper storage container), and Vinyl (vinyl storage container) under room temperature (15°C, R), cold temperature (4°C, C), and freeze temperature (-20°C, F). ¹⁾MGT; Mean germination rate. ²⁾T₅₀; days to 50% of germination of final germination rates. ³⁾GE; Germination energy. ⁴⁾GS; Germination speed. ⁵⁾GI; Germination index.

보관시 48.7%로, 냉동처리로 인한 감소는 나타나지 않았다.

발아율이 가장 높게 나타났던 처리구는 현삼 종자의 경우 종이용기에 저온보관하거나 비닐용기에 냉동보관한 후 20°C에서 발아시킨 것이 90% 이상으로 가장 높게 나타났고, 섬현삼 종자는 종이용기에 상온보관, 비닐용기에 상온과 저온보관한 후 15°C에서 발아시킨 조건에서 80% 이상 발아되는 것으로 나타났다.

현삼 종자의 발아와 관련하여 평균발아소요일 수 (MGT), 최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일 수 (T₅₀), 발아 에너지 (GE), 발아속도 (GS)와 발아지수 (GI)는 처리구 간에 유의적인 차이를 나타내었다 (Table 3). 현삼 종자의 평균발아소요일 수 (MGT)와 최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일 수 (T₅₀)는 발아온도에 따라서 큰 차이를 나타내지 않

았으나 저장용기에 따른 차이가 나타났다.

현삼종자는 비닐용기에 비하여 종이용기에서 전체적으로 발아율이 높게 나타났으며, 50% 발아에 소요되는 일수도 평균 발아소요일 수와 마찬가지로 종이용기에 종자를 저장하는 것이 비닐용기에 저장하는 것 보다 빠른 기간 안에 발아되었다.

섬현삼 종자의 평균발아소요일 수는 발아율이 저조한 발아 온도 25°C와 30°C를 제외하고 비교하였는데, 종이용기에 담아 저온에 보관한 종자를 20°C에서 발아를 유도하였을 때 가장 빠른 6.5일로 나타났다 (Table 4). 반면에 종이용기에 담아 냉동보관한 종자를 15°C에서 발아를 유도하였을 때 가장 늦은 12.1일로 나타났다. 따라서 평균발아소요일 수는 보관용기와 보관조건에 따른 차이가 상대적으로 적은 것으로 보여진다.

발아온도 20°C에서는 15°C와 비교하였을 때 최소 2일에서

최대 5일 정도 평균발아소요일 수를 단축시키는 것으로 나타났다. 최종 발아율에 대한 50% 발아에 소요되는 일 수 (T_{50})도 15°C에 비하여 발아온도 20°C에서 최소 2일에서 최대 4일 정도 단축된 것을 보아 저장용기와 보관온도에 따른 차이보다는 발아온도에 따른 차이가 상대적으로 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

현삼 종자는 치상 4일 후에 다수 처리구에서 발아가 시작되어 발아에너지 (GE)가 최대 1.7로 산출되었으나, 섬현삼 종자는 전혀 발아되지 않아 발아에너지가 모든 처리구에서 0으로 산출되었다.

발아속도 (GS)는 현삼 종자의 경우 발아온도 25°C와 30°C에서 10이상으로 증가하는 것을 확인하였으며, 발아온도 15°C에서 비닐용기에 상온보관 시 가장 낮은 3.5로 조사되었다. 현삼 종자의 발아속도는 종이용기 보관 시 비닐용기에 비해 다소 높거나 오차범위 수준이었다. 섬현삼 종자의 발아속도는 평균 2.1로 현삼 종자 10.1에 비하여 낮았으며, 가장 높은 값은 발아온도 15°C에서 종이용기에 저온보관 시 5.3이었다.

발아지수 (GI)는 현삼 종자에서 평균 3.7이고 섬현삼 종자에서 평균 3.0으로 큰 차이를 나타내지는 않았다. 현삼 종자는 발아온도 15°C에서 비닐용기에 상온저장 시 5.6으로 가장 높게 나타났으며, 종이용기 냉동저장과 비닐용기 냉동저장에서도 5.3으로 높게 나타났다. 섬현삼 종자의 발아지수는 발아온도 15°C에서 6.9 - 8.2로 가장 높았으며, 발아온도 20°C에 비하여 최소 2배에서 최대 4배 정도 높았다.

발아온도와 저장 조건을 달리하였을 때, 현삼 종자에 비하여 섬현삼 종자가 발아온도에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 섬현삼 종자의 적정 발아온도는 15°C이며 20°C까지는 발아가 가능할 것으로 나타났다.

기존에 보고된 섬현삼 종자의 발아는 30일 이상 저온처리하여 20°C 조건 하에서 발아율도 시 67% 가량의 발아율이 나타났다 (Ahn *et al.*, 2006). 또한 4°C에 저장한 종자를 200 mg/l GA_3 용액에 24시간 침지 후 파종 시 발아 15°C와 20°C에서는 70% 이상 발아되었지만 25°C에서는 20%만 발아된 것으로 보고된 바 있다 (Kang *et al.*, 2009). 이와 같은 결과는 본 연구와 비슷한 결과로, 섬현삼 종자는 25°C 이상에서는 발아가 어려운 것으로 여겨진다.

온도는 종자 발아에 있어 주요한 변수로, 대부분 겨울철 온도인 화씨 40°C에서 상온인 화씨 70°C (섭씨 4.4°C - 21.1°C) 범위 내에서 이루어지지만, 특정 식물은 화씨 90°C에서 100°C (섭씨 32.2°C - 37.8°C) 까지도 요구하는 것으로 알려져 있다 (Deno, 1993). 발아적온은 수종에 따라 식물 생리와 자생지 환경에 맞게 적응되어 온 결과로 볼 수 있다. 예를 들어 고목 아래 음지에서 자생하는 나도생강의 발아적온은 20°C 정도로 양지 식물인 닭의장풀의 발아적온은 28°C에 비하여 낮은 온도를 요구하는 것으로 보고된 바 있다 (Ro *et al.*, 2008). 현삼과에

속한 금어초는 15°C - 25°C (Kang and Choi, 2006), 좁쌀풀은 30°C (Lee *et al.*, 2003) 및 미국동부에 자생하는 *S. marilandica*의 미저장 종자는 20°C - 35°C와 저장종자는 10°C - 25°C가 최적 발아온도로 보고된 바 있다 (Nurse and Cavers, 2008).

또한 동일종일지라도 종자의 발아는 환경에 적응해온 결과로, 자생지 환경에 따라 다르게 나타나기도 한다. 우리나라에 15개 지역에서 채취한 아까시나무 종자의 발아온도는 저위도로 갈수록 높아지며 이를 기준으로 25°C, 30°C와 35°C의 3가지 유형으로 식별하기도 하였다 (Lee and Kim, 1993). 현삼 종자의 발아 및 자생지의 상관관계에 대하여 보고된 바는 없으나, 큰개현삼열 속한 현삼, 큰개현삼, 토현삼, 좁현삼과 몽골 토현삼은 주로 능선이나 계곡의 낙엽수림 하에 분포하는 반면 개현삼열에 속한 개현삼과 섬현삼은 해안가에 바닷물이 닿지 않는 양지의 바위틈에서 자생한다고 알려져 있다 (Jang and Oh, 2013). 특히 섬현삼은 한국 특산식물로 전 세계적으로 울릉도만 자생하며, 자생지는 10곳 미만으로 멸종위기종으로 알려져 있다 (Kim, 2004).

기상청 평년값자료 (1981년 - 2010년)에 의하면 섬현삼 자생지인 울릉도의 연평균기온은 12.4°C이며, 종자의 발아가 이루어지는 4월과 5월의 평균기온은 각각 11.1°C와 15.5°C로 알려져 있다. 이와 같은 자생지 특성으로 인하여 섬현삼 종자는 15°C - 20°C에서 발아가 이루어지는 것으로 판단된다.

종자는 저장 후 휴면상태를 유지하기 때문에 발아를 위해서 휴면타파가 요구되며, 저온과 빛은 많은 수종에서 종자의 휴면을 타파하는 것으로 알려져 있다 (Bradbeer, 1988). 특히 저온은 건조저장된 종자의 발아율을 높이기 위하여 처리된 바 있으며 (Lee, 2001), 시호 종자에서는 80일간의 저온층적 처리에 의해 발아율이 20% 증가된 바 있다 (Chung *et al.*, 1994). 본 연구에서는 현삼 종자의 발아 결과 저온에 비하여 냉장 혹은 냉동 상태로 저장한 종자의 발아율이 높게 나타났으며, 이는 종자가 겨울 동안 저온에 노출된 후 발아시기에 온도가 상승할 경우 발아가 원활히 이루어지는 것으로 볼 수 있다.

섬현삼 종자의 경우 냉동 보관 조건이 상온과 저온 보관에 비하여 발아율이 높지 않은 것은 자생지인 울릉도의 12월 - 2월 평균기온이 영하로 떨어지지 않는 환경과 연관지어 볼 수 있다. 섬현삼 종자의 발아는 이전의 연구에서도 48시간 침지 후 상토에 파종시 최대 66%로 보고된 바 있다 (Lee *et al.*, 2014). 하지만 이전의 연구에서는 종자의 보관용기를 포함한 저장방법에 관한 연구가 보고되지 않았다.

종자의 저장시 보관용기는 온도와 함께 종자의 수분함량과 통기를 결정하는 중요한 요인이다. 종이봉투에 저장된 고추 및 배추 종자는 실온의 상대습도가 높을 경우 종자의 호흡작용과 효소의 가수분해로 인해 수분함량이 증가하여 종자의 퇴화를 촉진하므로 종자 저장시 진공 알루미늄봉투가 적합한 것으로

Table 5. Pearson coefficient among germination performance value of *S. buergeriana* and *S. takesimensis* related with germination.

	GP ¹⁾	MGT ²⁾	T ₅₀ ³⁾	GE ⁴⁾	GS ⁵⁾	GI ⁶⁾
GP	1	0.31**	0.22	0.01	0.96**	0.97**
MGT	-0.47**	1	0.979**	-0.06	0.21	0.39**
T ₅₀	-0.43**	0.97**	1	-0.05	0.12	0.29*
GE	0.53**	-0.87**	-0.85**	1	0.07	-0.03
GS	0.71**	-0.90**	-0.88**	0.93**	1	0.86**
GI	0.08	0.83**	0.82**	-0.71**	-0.61**	1

Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on the DMRT test (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$). *S. buergeriana* (vertical column) and *S. takesimensis* (horizontal column). ¹⁾GP; Germination percentage. ²⁾MGT; Mean germination rate. ³⁾T₅₀; days to 50% of germination of final germination rates. ⁴⁾GE; Germination energy. ⁵⁾GS; Germination speed. ⁶⁾GI; Germination index.

보고된 바 있다 (Soh *et al.*, 2014).

한편 현삼 종자는 비닐용기에 담아 상온에 저장할 경우 발아율이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 위의 고추 및 배추 종자에서는 진공 알루미늄봉투에 보관시 함께 넣은 실리카겔이 수분을 흡수하여 종자의 호흡과 퇴화를 방지하였던 것으로 보여진다. 하지만 본 실험에서 비닐용기에 종자를 담아 상온에 방치하는 것은 통기를 방해하여 용기내의 수분함량의 증가와 온도의 상승으로 활력 저하를 일으킨 것으로 판단된다.

섬현삼 종자는 저장용기에 따른 발아율에 차이가 발아와 저장온도 처리에 비하여 적은 것으로 나타났으며, 이는 현삼 종자와 비교하여 종자가 활력을 유지할 수 있는 수분함량과 온도의 수준의 차이인 것으로 여겨진다. 종자의 평균발아소요일수가 짧은 것은 발아가 초기에 이루어져 발아일 수가 단축되었거나, 발아에 부적합한 조건으로 초기에 모두 고사하여 활력을 잃고 고사한 것으로 나누어 볼 수 있다.

본 연구에서 현삼과 섬현삼의 평균발아소요일 수는 일부 고사한 처리구를 제외하고 전자의 경우로 볼 수 있다. 현삼 종자는 섬현삼 종자에 비하여 발아율이 높으며 발아소요일 수가 단축되어 활력이 높은 것으로 나타났다.

발아적온에 영향을 미치는 조건을 판단하기 위하여 발아와 관련된 수치간의 상관관계를 분석하였을 때 몇 가지 요소에서 상관관계가 나타났다 (Table 5). 현삼 종자에서 발아율과 발아소요일 수는 -0.47, 발아율과 50% 발아에 소요되는 일 수는 -0.43로 중간 정도의 음의 상관관계를 나타내었고, 섬현삼 종자에서는 발아율과 평균발아소요일 수 간 낮은 정의 상관관계를 나타내었다. 이러한 결과는 발아율과 발아소요일 수에 있어서는 상관관계가 나타나지 않거나 (Choi *et al.*, 2007b), 부의 상관관계 (Song *et al.*, 2010)를 나타내는 것으로 보고된 결과와 일치하지는 않는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 현삼과 섬현삼 종자의 발아적온은 발아율을 기준으로 판단하며, 다른 수치들은 발아에 소요되는 기간 등의 자료로 이용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

이와 같은 결과는 동일 동속의 식물이지만 종자의 저장과 발아특성을 파악하여 적정조건을 제공하는 것이 유전자원의

생식체 저장과 보존에 있어 중요한 과정임을 시사한다. 또한 약용식물자원으로서 가치가 높은 현삼과 전세계적으로 국내에만 자생하는 섬현삼의 자원 보존을 위한 현지내의 전락 수렵에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ011179012016)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Ahn YH, Lee SJ and Kang KH. (2006). Study of artificial propagation of native *Scrophularia takesimensis*. Proceeding Korean Society Environment and Ecology. 1:153-156.

Bradbeer JW. (1988). Seed dormancy and germination. Chapman and Hall. New York. NY, USA. p.38-94.

Choi CH, Kim SY, Seo BS and Park WJ. (2007a). Seed and germination characteristics by the seed coat colors of three species of genus *Pinus*. Korean Journal of Plant Resources. 20:150-154.

Choi CH, Seo BS, Kim SY and Park WJ. (2007b). Effect of hot water treatment times on moisture absorption and germination of *Albizia julibrissin* seeds. Korean Journal of Plant Resources. 20:267-271.

Chung HG, Seong NS and Chae JC. (1994). Effect of seed condition, grain filling period and cold stratification treatment on germination of *Bupleurum falcatum* L. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 2:32-37.

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.

Denno NC. (1993). Seed germination, theory and practice. State College. PA, USA. p.9-10.

Han KS, So SK, Lee CH and Kim MY. (2009). Taxonomy of the genus *Scrophularia*(Scrophulariaceae) in Korea. Korean Journal of Plant Taxonomy. 39:237-246.

Jang HD and Oh BU. (2013). A taxonomic study of Korean *Scrophularia* L.(Scrophulariaceae) based on morphological

- characters. Korean Journal of Plant Resources. 26:271-283.
- Kang JH, Choi KO, Ahn SY, Kim DS, Chon YS and Yun JG.** (2009). Improvement of seed germination in *Scrophularia takesimensis*, Korean native plant. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 27:535-539.
- Kang JH, Jeong KJ, Choi KO, Chon YS and Yun JG.** (2010). Morphological characteristics and germination as affected by low temperature and GA in *Orostachys* 'Jirisan' and 'Jejuyeonhwa' seeds, Korea native plant. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 28:913-920.
- Kang JS and Choi IS.** (2006). Effect of plant growth regulators and seed priming treatment on the germination and early growth of snapdragon(*Antirrhinum majus* L.). Journal of Life Science. 16:493-499.
- Kim MY.** (2004). Korean endemic plants. Solkwahak. Seoul, Korea. p.159-160.
- Kim SR, Kang SY, Lee KY, Kim SH, Markelonis GJ, Oh TH and Kim YC.** (2003). Anti-amnestic activity of E-*p*-methoxycinnamic acid from *Scrophularia buergeriana*. Cognitive Brain Research. 17:454-461.
- Kim SS, Kang KH, Kang SG, Shin HT, Cho GH, Kim YY, Lee MS and Yang BH.** (2013). A discovery of new habitats and conservation strategy of *Scrophularia takesimensis* Nakai in Ulleung island. Journal of Agriculture and Life Science. 47:83-94.
- Lee HD, Kim SD, Kim HH, Kim JH, Lee JW, Yun T and Lee CH.** (2003). Effects 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 HJ and Kim CH.** (1993). Thermal adaptation in seed germination and seedling growth of *Robinia pseudo-acacia*. Korean Journal of Ecology. 16:501-514.
- Lee HJ, Cho KI, Kim YO and Ryu BH.** (1995). The seed germination response of *Rumex acetocella* by distribution area. Korean Journal of Ecology. 18:353-366.
- Lee HW, Park SY, Choo BK, Chun JM, Lee AY and Kim HK.** (2007). Quantitative analysis comparison of Korea and China *Scrophulariae Radix*. Korean Journal of Pharmacognosy. 38:15-18.
- Lee JH, Jo IH, Lee JW, Park CG, Bang KH, Kim HS and Park CB.** (2010). Molecular authentication of *Scrophularia* herbs by PCR-RFLP based on *rpl-5* region of mitochondrial DNA. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:173-179.
- Lee KS.** (2001). Effect of temperature and sulfuric acid treatment on the germination of *Hovenia dulcis* Thunb. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 9:166-172.
- Lee SG, Kim SS and Ku JJ.** (2014). *Ex situ* conservation of *Scrophularia takesimensis* through seed germination and pot cultivation. Journal of Agriculture and Life Science. 48:133-143.
- Ministry of Environment(ME).** (2005). Protection of wild fauna and flora act(endangered fauna and flora I·II). Ministry of Environment. Seoul, Korea. p.219.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2012). The Korean pharmacopoeia 10th(ed). Ministry of Food and Drug Safety. Seoul, Korea. p.1218.
- Nurse RE and Cavers PB.** (2008). The germination characteristics of *Scrophularia marilandica* L.(Scrophulariaceae) seeds. Plant Ecology. 196:185-196.
- Okagami N and Kawai M.** (1982). Dormancy in *Dioscorea*: Differences of temperature responses in seed germination among six Japanese species. The botanical magazine. 95:155-166.
- Ro NY, Song EY, Kim SC, Jang KC, Moon DY and Kang KH.** (2008). Characteristics of seed germination and promotion of germination rate in *Pollia japonica* Thunb. Korean Journal of Plant Resources. 21:144-147.
- Scott SJ, Jones RA and Willams WA.** (1984). Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science. 24:1192-1199.
- Seiwa K and Kikuzawa K.** (1991). Phenology of tree seedlings in relation to seed size. Canadian Journal of Botany. 63:532-538.
- Soh EH, Lee WM, Park KW, Choi KJ and Yoon MK.** (2014). Change of germination rate for chili pepper and Chinese cabbage seed in relation to packaging materials and storage conditions over 10 years. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 32:864-871.
- Song JH, Jang KH and Hur SD.** (2010). Variation of seed and germination characteristics of natural populations of *Abies koreana* Wilson, a Korean endemic species. Journal of Korean Forestry Society. 99:849-854.
- Song JH, Lim HI and Jang KH.** (2011). Germination behaviors and seed longevities of three *Ulmus* species in Korea. Korean Journal of Plant Resources. 24:438-444.